



Красноярский
ДОМ НАУКИ И ТЕХНИКИ

07-08 ноября 2024 год | Г. КРАСНОЯРСК, РОССИЯ

**СБОРНИК НАУЧНЫХ СТАТЕЙ ПО МАТЕРИАЛАМ
V ВСЕРОССИЙСКОЙ (НАЦИОНАЛЬНОЙ) НАУЧНОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ**

**«НАУКА, ТЕХНОЛОГИИ,
ОБЩЕСТВО: ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ
ИНЖИНИРИНГ В ИНТЕРЕСАХ
УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ
ТЕРРИТОРИЙ»
(НТО-V-2024)**

13 (2024)

г. Красноярск, 2024

Красноярский краевой Дом науки и техники Российского Союза научных и инженерных общественных объединений
Сибирский научный центр ДНИТ

«НАУКА, ТЕХНОЛОГИИ, ОБЩЕСТВО: ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ИНЖИНИРИНГ В
ИНТЕРЕСАХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ» (НТО-V-2024)
СБОРНИК НАУЧНЫХ СТАТЕЙ ПО МАТЕРИАЛАМ
V ВСЕРОССИЙСКОЙ (НАЦИОНАЛЬНОЙ) НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
(07-08 ноября 2024 | Красноярск, Россия)

УДК 001
ББК 72:30:60:65
ISBN 978-5-6049733-9-4
DOI <https://www.doi.org/10.47813/nto.5.2024.13>

«НАУКА, ТЕХНОЛОГИИ, ОБЩЕСТВО: ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ИНЖИНИРИНГ В ИНТЕРЕСАХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ» (НТО-V-2024): сборник научных статей по материалам V всероссийской (национальной) научной конференции (Красноярск, 07-08 ноября 2024 г.). – Красноярск: Красноярский краевой Дом науки и техники, 2024. – 242 с.

Сборник содержит материалы, отражающие результаты научных исследований российских ученых всех поколений, среди которых аспиранты и ученые, интенсивно развивающие свои научные направления, студенты и школьники, уже увлеченные наукой и подготовившие свои первые доклады в области применения наукоемких и информационных технологий в различных областях прикладной и фундаментальной науки, техники, экономики и образования. Материалы конференции будут интересны преподавателям, аспирантам, магистрантам, студентам, работникам сферы образования.

Все статьи рецензируются и публикуются в авторской редакции. За содержание и достоверность статей ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов статей. Материалы размещены в сборнике в авторской редакции.

При использовании и заимствовании материалов ссылка на издание обязательна.

Ответственный редактор: Ковалев Игорь Владимирович, президент Красноярского краевого союза НИО, доктор технических наук, профессор (Красноярск, Россия), директор Красноярского краевого Дома науки и техники РосСНИО.

Редакционная коллегия: Тынченко Вадим Сергеевич, доцент, доктор технических наук, доцент кафедры технологических машин и оборудования нефтегазового комплекса Института нефти и газа (ИНиГ) Сибирского федерального университета (Красноярск, Россия); Лосев Василий Владимирович, доцент, кандидат технических наук, проректор по цифровому развитию СибГУ им. М.Ф. Решетнева (Красноярск, Россия); Антамошкин Олеся Александрович, профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой программной инженерии Института космических и информационных технологий Сибирского федерального университета, член IEEE (Красноярск, Россия); Шапорова Зинаида Егоровна, доцент, кандидат экономических наук, директор института экономики и менеджмента Красноярского государственного аграрного университета (Красноярск, Россия); Панфилов Илья Александрович, кандидат технических наук, заместитель директора института Сибирского института прикладного системного анализа имени А.Н. Антамошкина; заведующий кафедрой системного анализа и исследования операций Сибирского государственного университета науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева (СибГУ) (Красноярск, Россия); Казаковцев Лев Александрович, профессор, доктор технических наук, профессор кафедры «Цифровые технологии управления» Сибирского федерального университета (Красноярск, Россия); Кузнецов Александр Сергеевич, доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры программной инженерии Института космических и информационных технологий Сибирского федерального университета (Красноярск, Россия).

© Красноярский краевой Дом науки и техники Российского Союза научных и инженерных общественных объединений

© Сибирский научный центр ДНИТ

© Коллектив авторов, 2024

г. Красноярск, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

Д.А. Петрусевич, М.Е. Савельев. Исследование гессиана объединения прогнозов моделей временных рядов, минимизирующего оценку дисперсии прогноза.....	6-13
К.Б. Терешкина, Э.В. Терешкин, В.В. Коваленко, Ю.Ф. Крупянский, Н.Г. Лойко. Суперкомпьютерное моделирование в задачах бактериальной антибиотикоустойчивости.....	14-21
С.Т. Тажикбаева. Проведение эконометрического исследования на основе свойств композиционного топлива.....	22-27
Б.М. Шифрин, О.Г. Матвеева, В.А. Марков. Регулирование параметров расхода кислорода при изготовлении целлюлозы.....	28-33
К.Д. Рубцов, В.В. Лосев. Исследование проблем в области электроснабжения железнодорожного транспорта Красноярской железной дороги.....	34-42
И.А. Шураков, С.И. Охапкин, С.А. Юдин, Ю.Г. Пономарев, С.А. Мокрушин. Объектно-ориентированная модель вентильного электропривода.....	43-50
А.Р. Рыжакова, А.Н. Багапов, Э.В. Гарифуллина, В.В. Бронская. Цифровое моделирование процесса абсорбции в инженерной среде RTSIM.....	51-55
Д.С. Гайфуллин, Э.В. Гарифуллина, Н.Ю. Башкирцева. Моделирование установки низкотемпературной изомеризации в среде Aspen Hysys и анализ работы модели.....	56-61
С.Е. Стариков, К.А. Шахтин, Д.И. Кузнецов. Анализ изменений метрологических характеристик кантилеверов АСМ в ходе их эксплуатации.....	62-66
Н.Т. Кулмуродова, И.В. Ковалев, З.С. Кулмуродов, Ё.Б. Кадиров. Особенности автоматизации управления процессом сушки флотоконцентрата в барабанной сушильной печи.....	67-75
Ю.Г. Ксенофонтов. Перспективные направления развития телекоммуникационных сетей с применением подводных оптических линий связи в рамках контроля экологической обстановки морской водной среды.....	76-84
М.И. Кондратьева, В.В. Бронская, К.С. Бронская. Компьютерная лингвистика.....	85-89
Д.И. Ковалев, Е.В. Туева, Д.С. Покусаев. Опыт роевого применения БПЛА в сфере автономного земледелия.....	90-103
Д.И. Ковалев, Е.В. Туева, С.Р. Кузьмик. Анализ режимов совместной навигации при роевом применении БПЛА в системах точного земледелия.....	104-115
Д.А. Ляшенко, В.А. Перфилов, Р.Э. Аверьянов, Д.А. Алфимов, К.Е. Булатов. Применение наномодифицированных бетонов в объектах нефтегазовой отрасли.....	116-121
А.В. Наумова, Е.Д. Агафонов. Моделирование процесса создания бортового программного обеспечения в нотации IDEF0.....	122-127
Е.С. Кравченко, Л.В. Липинский. Сравнительный обзор BI-платформ: Apache Superset и Visiology с учетом актуальных проблем бизнеса.....	128-132
А.О. Володина, М.Б. Траченко. Сравнительный анализ волатильности финансовых инструментов фондового рынка в зависимости от ESG-критериев.....	133-137
Ю.С. Варламова, Е.В. Заведеев. Возможности использования искусственного интеллекта и машинного обучения для анализа фондового рынка.....	138-148
А.Н. Жилкина. Финансирование экологического инжиниринга предприятий и территорий.....	149-153
И.Р. Батталов, А.Х. Агадулина, М.Е. Анисимова. Методические рекомендации по раздельному сбору отходов в общеобразовательных учреждениях.....	154-161

С.А. Петракова. Анализ методологии конституционного права.....	162-167
Д.И. Гарафутдинова, И.В. Мерзляков, Э.В. Гарифуллина, В.В. Бронская. Применение цифровых тренажеров RTSIM.карьера в образовании.....	168-172
Л.А. Семушкин, И.А. Беляков. Динамика распространения игровых методов в экологическом просвещении, проводимых на грантовой основе (на примере Фонда Президентских Грантов).....	173-181
М.В. Глебова. Методологические принципы синергетики и проблема развития творческого мышления школьников: актуальный контекст.....	182-191
Лю Лутэн. Анализ «холодной абстракции» и «горячей абстракции» в абстрактной живописи.....	192-201
А.А. Яковлева, Е.Н. Григорьева. Опоры при обучении монологической речи на английском языке в школе.....	202-208
Н.В. Кваша, Е.Д. Малевская-Малевич, О.И. Болотникова. Определение возможных направлений использования вторичного сырья целлюлозно-бумажной промышленности.....	209-213
Гао Хуэй. Теоретические и практические аспекты развития возобновляемой энергетики Китая.....	214-222
К.В. Полянский, И.В. Ковалев. Персонализация адаптивно-обучающей методики Л.А. Растригина на базе частотного словаря с использованием кластерного анализа корпусов текстов.....	223-234
М.М. Ахмедов, В.Ю. Варвара, А.А. Оганисян, Р.А. Пяткин, В.С. Рабданов. Разработка системы регистрации инцидентов в медицинской организации.....	235-241

УДК 519.216.3
<https://www.doi.org/10.47813/nto.5.2024.1001>

EDN [ZRCKRE](#)

Исследование гессиана объединения прогнозов моделей временных рядов, минимизирующего оценку дисперсии прогноза

Д.А. Петрусевич*, М.Е. Савельев

МИРЭА – Российский Технологический Университет, пр. Вернадского, 78, Москва, 119454, Россия

*E-mail: petrdenis@mail.ru

Аннотация. В работе исследуется структура гессиана функции дисперсии оценки прогноза для моделей ARIMA и ETS. Показано, что в некоторых случаях гессиан равен 0 и охарактеризовать поведение экстремума стандартными способами не получается. Построен гессиан функции дисперсии оценки прогноза при оптимальном взвешенном объединении двух прогнозов (с условием минимизации оценки дисперсии прогноза). Для построенных комбинаций прогнозов гессианы уже не обращаются в ноль в экстремумах за исключением вырожденных случаев. Результаты проверены на подмножестве моделей ARIMA, ETS. Показано, что в окрестности точек экстремумов гессиан при объединении прогнозов принимает диагональный вид, а коэффициенты в блоках, соответствующих побочной диагонали, имеют второй порядок малости по параметрам объединяемых моделей.

Ключевые слова: взвешенное объединение моделей, минимизация оценки дисперсии прогноза, гессиан функции оценки дисперсии прогноза.

Analysis of the Hessian of time series models' combination minimizing estimate of forecast variance

D. Petrushevich*, M. Savelev

MIREA – Russian Technological University, Prospekt Vernadskogo, 78, Moscow, 119454, Russia

*E-mail: petrdenis@mail.ru

Abstract. In the paper structure of the Hessian of the forecast variance function is investigated in case of ARIMA and ETS models. It is shown that in case of certian models the Hessian is equal to 0 and it is impossible to characterize the behavior of the extremum using standard methods. The Hessian of the forecast variance function has been constructed for the optimal weighted combination of two forecasts (aiming to minimize estimate of forecast variance). For the constructed combinations of forecasts, the Hessians aren't equal to zero at the extrema, except in degenerate cases. The results are tested on a subset of ARIMA, ETS models. It is shown that in the vicinity of the extremum points, the Hessian takes a diagonal form, and the coefficients in the blocks corresponding to the side diagonal are of the second order of smallness in terms of the parameters of the combined models.

Keywords: optimal weighted combination, forecast variance estimate minimization, Hessian of forecast variance estimate.

1. Введение

В представленной работе рассматривается построение объединения пары моделей временных рядов в соответствии с принципом минимизации оценки дисперсии прогноза. При работе с моделями ARIMA и ETS [1] дисперсию прогноза можно выразить через параметры самой модели, что делает возможным аналитически связать ширину доверительного интервала и параметры модели. В большинстве других моделей для оценки ширины доверительного интервала используется критерий Стьюдента, подобную связь обнаружить тяжело. В рамках работ [2, 3] было произведено построение взвешенной комбинации двух моделей, минимизирующей оценку дисперсии прогноза. Вместе с тем, было показано, что для простых моделей ARIMA [1] гессиан оценки функции дисперсии прогноза обращается в ноль, что заставляет прибегать к нестандартным методам анализа экстремумов. В представленной работе приведён анализ гессиана функции оценки дисперсии прогноза при взвешенном объединении прогнозов моделей. Показано, что он не обращается в ноль за исключением вырожденных случаев.

2. Постановка задачи

Для того, чтобы построить объединение прогнозов двух моделей, минимизирующее оценку дисперсии прогноза, надо задать аналитически эту оценку. По теореме Вальда [1, 4] модель ARIMA можно представить в виде бесконечной суммы (в общем случае) элементов скользящего среднего MA(q) [1]. Коэффициенты этого разложения (ψ -веса) используются для оценки дисперсии прогноза.

Для оценки дисперсии прогноза модели авторегрессии p -го порядка AR(p) [1] имеет следующие рекуррентные соотношения:

$$\begin{aligned}\psi_0 &= 1, \\ \psi_1 &= \varphi_1, \\ \psi_2 &= \varphi_1\psi_1 + \varphi_2, \\ \psi_3 &= \varphi_1\psi_2 + \varphi_2\psi_1 + \varphi_3, \dots \\ \psi_k &= \sum_{i=1}^k \varphi_i\psi_{k-i}.\end{aligned}$$

В случае процесса авторегрессии AR(1) $X_t = c + \varphi_1 X_{t-1}$, как показано в [2, 3], оценка дисперсии прогноза на n шагов вперёд имеет особенно простой и красивый вид геометрической прогрессии:

$$Var_{AR(1)}(\hat{x}_n - x_n) = \sigma^2 \sum_{j=0}^{n-1} \psi_j^2 = \sigma^2 \left(1 + \sum_{j=1}^{n-1} \varphi_1^{2j}\right) = \sigma^2 \frac{1 - \varphi_1^{2n}}{1 - \varphi_1}.$$

При этом сама функция оценки дисперсии прогноза является выпуклой вниз.

Для модели ARIMA(p, d, q) в выражении пси-весов появляются параметры скользящего среднего:

$$\begin{aligned} \psi_0 &= 1, \\ \psi_1 &= \varphi_1 + \theta_1, \\ \psi_2 &= \varphi_1 \psi_1 + \theta_2 = \varphi_1(\varphi_1 + \theta_1) + \theta_2, \\ \psi_{q+1} &= \varphi_1 \psi_q + \theta_{q+1}. \end{aligned}$$

В случае модели ARIMA(1, d, q) геометрическая прогрессия начинается только с q-го элемента (следует учитывать, что количество периодов, на который делается прогноз n, может быть меньше порядка q, - в таком случае геометрическая прогрессия не наблюдается):

$$Var_{ARMA(1,q)}(\hat{x}_n - x_n) = \sigma^2 \left[1 + (\varphi_1 + \theta_1)^2 + (\varphi_1(\varphi_1 + \theta_1) + \theta_2)^2 + \dots + \psi_{q-1}^2 + \psi_q^2 \frac{1 - \varphi_1^{2n}}{1 - \varphi_1} \right].$$

Интересно, что сама функция оценки дисперсии прогноза обладает в случае моделей ARMA(1, 1), ARMA(1, 2) нулевым гессианом (т.к. от порядка интегрирования d наши рассуждения не зависят, иногда опускаем этот параметр и получаем модель ARMA(p, q)). Подробности вычислений представлены в работах [2, 3], приведём пример вычислений для простейшей модели ARMA(1, 1) при прогнозировании на два шага вперёд. Исследуемая функция имеет вид:

$$\begin{aligned} Var_{ARMA(1,1)}(\hat{x}_1 - x_1) &= \sigma^2, \\ Var_{ARMA(1,1)}(\hat{x}_2 - x_2) &= \sigma^2 \left[1 + (\varphi_1 + \theta_1)^2 \right]. \end{aligned}$$

Вторые производные этой функции выглядят так:

$$(Var_{ARMA(1,1)}(\hat{x}_2 - x_2))''|_{\varphi_1^2} = (Var_{ARMA(1,1)}(\hat{x}_2 - x_2))''|_{\theta_1^2} = (Var_{ARMA(1,1)}(\hat{x}_2 - x_2))''|_{\varphi_1 \theta_1} = 2\sigma^2.$$

Из-за наличия одинаковых строк гессиан функции оценки дисперсии прогноза нулевой:

$$H_{ARMA(1,1)}(\hat{x}_2 - x_2) = \begin{vmatrix} 2\sigma^2 & 2\sigma^2 \\ 2\sigma^2 & 2\sigma^2 \end{vmatrix} = 0.$$

Одинаковые или нулевые строки наблюдаются везде или в точке экстремума и для гессианов оценки дисперсии прогноза моделей ARIMA(1, d, 2) на 2-3 шага вперед [2, 3].

2.1. Гессиан взвешенного объединения прогнозов

Далее рассмотрим объединение нескольких моделей (или их прогнозов) в комбинацию по какому-либо принципу [5]. Дальнейшее изложение следует работе [6]. Рассмотрим линейную комбинацию прогнозов f с весами w : $wf_1 + (1-w)f_2$. Дисперсия оценки комбинации прогнозов имеет вид:

$$Var(\sigma_1, \sigma_2, \rho, w) = (w\sigma_1)^2 + ((1-w)\sigma_2)^2 + 2w(1-w)\rho\sigma_1\sigma_2.$$

Здесь ρ - корреляция объединяемых прогнозов. В работе [6] продемонстрировано, что оптимальные веса имеют вид:

$$w = \frac{\sigma_2^2 - \rho\sigma_1\sigma_2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\rho\sigma_1\sigma_2},$$

$$1 - w = \frac{\sigma_1^2 - \rho\sigma_1\sigma_2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\rho\sigma_1\sigma_2}.$$

Этот результат не зависит от типов моделей, чьи прогнозы объединяются. Анализ полученной функции представлен в [6].

3. Исследование гессиана взвешенного объединения прогнозов моделей, минимизирующего оценку дисперсии прогноза

Рассмотрим гессиан функции оценки дисперсии прогноза при оптимальном объединении двух моделей. В работе [6] показано, что вторые производные функции имеют вид (здесь x отмечает производные по параметрам первой модели в объединении, y – второй):

$$Var(\sigma_1, \sigma_2, \rho)''_{x_1x_2} = \frac{\sigma_2^3(1-\rho^2)}{(\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\rho\sigma_1\sigma_2)^2} \left[(\sigma_2 - \rho\sigma_1)(\sigma_1^2)''_{x_1x_2} - (\sigma_1^2)'_{x_1} (\sigma_1)'_{x_2} \frac{-3\rho(\sigma_1^2 + \sigma_2^2) + 2(\rho^2 + 2)\sigma_1\sigma_2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\rho\sigma_1\sigma_2} \right],$$

$$Var(\sigma_1, \sigma_2, \rho)''_{xy} = \sigma_2^2(1-\rho^2)(\sigma_1^2)'_{x_1} (\sigma_2)'_y \frac{-3\rho(\sigma_1^2 + \sigma_2^2) + 2(\rho^2 + 2)\sigma_1\sigma_2}{(\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\rho\sigma_1\sigma_2)^3}.$$

Непосредственно в точке экстремума $(\sigma_1^2)'_{x_1} = (\sigma_1^2)'_{x_2} = (\sigma_2^2)'_y = 0$, поэтому второе слагаемое производной по параметрам первой модели $Var(\sigma_1, \sigma_2, \rho)''_{x_1x_2}$ и производная $Var(\sigma_1, \sigma_2, \rho)''_{xy}$ обращаются в ноль. Но в отличие от функции оценки дисперсии прогноза отдельных моделей, целиком гессиан в ноль не обращается,

приобретая диагональный вид, т.к. в смешанной производной $Var(\sigma_1, \sigma_2, \rho)''_{x_1 x_2}$ в точке экстремума остаётся ненулевым первое слагаемое:

$$Var(\sigma_1, \sigma_2, \rho)''_{x_1 x_2} = \sigma_2^3 (1 - \rho^2) \frac{\sigma_2 - \rho \sigma_1}{[\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\rho \sigma_1 \sigma_2]^2} (\sigma_1^2)''_{x_1 x_2},$$

$$Var(\sigma_1, \sigma_2, \rho)''_{xy} = 0.$$

Таким образом, например, для двух моделей AR(1), объединяемых с минимизацией оценки дисперсии прогноза гессиан функции оценки дисперсии комбинации моделей имеет вид:

$$\sigma_1^2 = se_1^2 (1 + \varphi_1^2), (\sigma_1^2)''_{\varphi_1} = 2se_1^2,$$

$$\sigma_2^2 = se_2^2 (1 + \varphi_2^2), (\sigma_2^2)''_{\varphi_2} = 2se_2^2,$$

$$H = \begin{vmatrix} 2se_1^2 \sigma_2^3 (1 - \rho^2) \frac{\sigma_2 - \rho \sigma_1}{[\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\rho \sigma_1 \sigma_2]^2} & 0 \\ 0 & 2se_2^2 \sigma_1^3 (1 - \rho^2) \frac{\sigma_1 - \rho \sigma_2}{[\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\rho \sigma_1 \sigma_2]^2} \end{vmatrix}.$$

Здесь se – стандартные ошибки объединяемых моделей, которые оцениваются во время обучения, φ - коэффициенты моделей.

Для моделей ETS(A, N, N) [1, 7] результат выглядит аналогичным образом (с условием замены обозначений параметров моделей $\varphi \leftrightarrow \alpha$).

В [6] приведён гессиан для моделей ETS(A, A, N), обладающих большим количеством параметров. В целом, он сохраняет блочный диагональный вид. Интересно оценить порядок элементов, которые находятся в блоках на побочной диагонали, а также, в целом, добавок, которые обращаются в ноль в точке экстремума (экстремум достигается при $(\sigma_1^2)'_x = (\sigma_2^2)'_y = 0$). Например, в случае модели ETS(A, N, N) $(\sigma_1^2)'_{\alpha_1} = (\sigma_2^2)'_{\alpha_2} = 0, \alpha_1 = \alpha_2 = 0$ и можно оценить множители в выражениях производных второго порядка с точностью до бесконечно малых второго порядка:

$$\sigma_1^2 = se_1^2 (1 + \alpha_1^2), \sigma_1 = se_1 \sqrt{1 + \alpha_1^2} \sim se_1 (1 + \alpha_1^2 / 2), (\sigma_1^2)'_{\alpha_1} \sim \alpha_1, (\sigma_1)'_{\alpha_1} \sim \alpha_1,$$

$$\sigma_2^2 = se_2^2 (1 + \alpha_2^2), \sigma_2 = se_2 \sqrt{1 + \alpha_2^2} \sim se_2 (1 + \alpha_2^2 / 2), (\sigma_2^2)'_{\alpha_2} \sim \alpha_2, (\sigma_2)'_{\alpha_2} \sim \alpha_2$$

$$(\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\rho \sigma_1 \sigma_2)^{-n} \sim k_0 + k_1 \alpha_1^2 + k_2 \alpha_2^2,$$

$$\sigma_1 \sigma_2 = se_1 \sqrt{1 + \alpha_1^2} se_2 \sqrt{1 + \alpha_2^2} \sim se_1 se_2 (1 + \alpha_1^2 / 2 + \alpha_2^2 / 2).$$

Здесь k – некоторые коэффициенты, зависящие от параметров моделей. Первое слагаемое производной $Var(\sigma_1, \sigma_2, \rho)''_{\alpha_1 \alpha_2}$ имеет нулевой порядок малости, второе – второй порядок малости за счёт произведения $(\sigma_1^2)'_{\alpha_1} (\sigma_1)'_{\alpha_1} \sim \alpha_1^2$. Таким образом, в блоках, расположенных на главной диагонали, добавляется величина второго порядка малости по коэффициентам моделей. Что же элементов в блоках побочной диагонали, зависящих от смешанных производных, то $(\sigma_1^2)'_{\alpha_1} (\sigma_2)'_{\alpha_2} \sim \alpha_1 \alpha_2$. На побочной диагонали находятся величины, которые в окрестности экстремумов имеют второй порядок малости по коэффициентам моделей. Хотя этот вывод для наглядности сделан в терминах параметров моделей ETS, но, т.к. той же структурой оценки дисперсии прогноза модели обладает большинство часто применяющихся инструментов, его можно распространить и на них.

4. Полученные результаты

Приведём пример объединения моделей ETS [1, 7] при обработке данных индекса потребительских цен в период 1991 – 2022 гг. [8]. В качестве моделей, которые можно объединить используются различные версии моделей ETS (см. таблицу 1). Для сравнения даны характеристики модели ARIMA на том же периоде обучения и тестовой выборке.

Таблица 1. Модели временных рядов ETS, ARIMA для процесса месячных показателей индекса потребительских цен РФ [8].

Модель	RMSE	MAE	Оценка дисперсии модели
ETS(A,A,A)	0.35	0.27	0.59
ETS(A,A _d ,A)	0.35	0.26	0.62
ETS(A,A,N)	0.50	0.36	1.60
ETS(A,A _d ,N)	0.50	0.36	1.51
ARIMA	0.34	0.28	-

Пары моделей, для которых с определёнными весами объединяются прогнозы, указаны в таблице 2. Дана корреляция между прогнозами на тестовый период, от которой, вкупе с дисперсиями моделей, и зависит вес в объединении.

Таблица 2. Объединения прогнозов моделей временных рядов ETS для процесса месячных показателей индекса потребительских цен РФ [8].

Модель	Корреляция прогнозов	RMSE	MAE	Оценка дисперсии объединённого прогноза
ETS(A,A,A) + ETS(A,A _d ,A)	0.77	0.45	0.40	0.54
ETS(A,A _d ,N) + ETS(A,A _d ,A)	-0.10	0.49	0.43	0.40
ETS(A,A_d,N) + ETS(A,A,A)	0.20	0.28	0.22	0.50
ETS(A,A,N) + ETS(A,A _d ,A)	-0.11	0.51	0.45	0.40
ETS(A,A,N) + ETS(A,A,A)	0.19	0.29	0.23	0.50

Лучшие объединённые прогнозы в таблице 2 отмечены жирным шрифтом. Отметим, что они превосходят по качеству прогноза как модель ARIMA, так и модели ETS, которые участвовали в объединении.

5. Выводы

В работах [2, 3] построены и исследуются взвешенные линейные комбинации моделей, в которых веса подбираются на основе минимизации теоретической оценки дисперсии прогноза. В представленной работе рассмотрен гессиан функции оценки дисперсии прогноза в стационарных точках при таком объединении. Показано, что, в отличие от гессианов функций прогнозов AR(1), ARMA(1, q) и ETS(A, N, N), которые обращались в 0, рассмотренная функция для объединённого прогноза в общем случае в 0 не обращается, за исключением некоторых вырожденных случаев.

В дополнение гессиан функции оценки дисперсии объединённого прогноза рассмотрен в окрестности экстремума. Показано, что он имеет блочную структуру. При этом, в экстремуме блоки, расположенные на главной диагонали, ненулевые. Блоки на

побочной диагонали – нулевые, в малой окрестности экстремума блоки на главной диагонали получают добавки порядка x^2 (x – коэффициент одной из объединяемых моделей), на побочной диагонали – порядка произведения $xу$ (x – коэффициент первой из пары объединяемых моделей, $у$ – коэффициент из второй модели).

Список литературы

1. Hyndman R. J. Forecasting: principles and practice / R. J. Hyndman, G. Athanasopoulos. – Melbourne: OTexts, 2021.
2. Beletskaya N. V. Linear combinations of time series models with minimal forecast variance / N. V. Beletskaya, D. A. Petrusevich // Journal of communications technology and electronics. – 2022. – № 67(1). – С. 144-158.
3. Musatov D. Modeling of forecasts variance reduction at multiple time series prediction averaging with ARMA (1, q) functions / D. Musatov, D. Petrusevich // V International Workshop on Modeling, Information Processing and Computing (MIP: Computing-V 2022) / Eugene Semenkin, Igor Kovalev (eds.). – Krasnoyarsk, Russia, 25 January 2022. – 2022.
4. Wald H. A study in the analysis of stationary time series / H. Wald. – Uppsala: Almqvist and Wiksell Book Co., 1954.
5. Hyndman R. J. Optimal combination forecasts for hierarchical time series / R. J. Hyndman, R. A. Ahmed, G. Athanasopoulos, H. L. Shang // Computational Statistics & Data Analysis. – 2011. - №55.9. – с. 2579-2589.
6. Белецкая Н. В. Минимизация оценки дисперсии прогноза на примере моделей ETS / Н. В. Белецкая, Д. А. Петрусевич // Информационные процессы. – 2024. – № 24(1). – С. 16-29.
7. Stock J. H. Introduction to Econometrics / J. H. Stock, M. W. Watson. – Pearson, 2021.
8. Единый архив экономических и социологических данных. Динамические ряды макроэкономической статистики РФ. Индекс потребительских цен. – URL: <http://sophist.hse.ru/hse/nindex.shtml> (дата обращения: 02.09.2024)

УДК 577.3, 573.7

<https://www.doi.org/10.47813/nto.5.2024.1002>

EDN [SJQYOZ](#)

Суперкомпьютерное моделирование в задачах бактериальной антибиотикоустойчивости

К.Б. Терешкина^{1*}, Э.В. Терешкин¹, В.В. Коваленко¹, Ю.Ф. Крупянский¹, Н.Г. Лойко²

¹Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семенова Российской академии наук, ул. Косыгина, 4, Москва, 119991, Россия

²Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук, Ленинский проспект, 33, стр. 2, Москва, 119071, Россия

*E-mail: quebra-mola@yandex.ru

Аннотация. В данной работе исследуются молекулярные механизмы взаимодействия антибиотика ципрофлоксацина с основным белком стационарной фазы развития бактериальной культуры (Dps, DNA-binding protein from starved cells) для решения задач возрастающей антибиотикоустойчивости. Неблагоприятные условия окружающей среды приводят к торможению процессов деления бактериальных клеток и переводят клетки в состояния сохранения внутренних ресурсов. Основной задачей для выживания бактерии в сложных внешних условиях является сохранение геномной ДНК. Защита ДНК при ряде стрессов (стресс голодания, окислительный стресс и др.) осуществляется путём её конденсации ДНК-связывающим белком Dps. В экспоненциальной фазе содержание этого белка 60 молекул на клетку, в стационарной фазе около 200 молекул на клетку. В работе рассмотрено влияние антибиотика ципрофлоксацина на этот белок. Используются методы современного молекулярного моделирования: докинг, зонтичная выборка (с нахождением потенциала средней силы), управляемая и классическая молекулярная динамика. Найдены энергетические характеристики связывания антибиотика с белком. Показано пространственное распределение молекул ципрофлоксацина в растворе относительно белка при температурах 28 и 55°C. Обнаружено, что антибиотик может мигрировать внутрь молекул белка.

Ключевые слова: суперкомпьютерное моделирование, бактериальная антибиотикоустойчивость, ципрофлоксацин, ДНК-связывающий белок Dps.

Supercomputer modeling in the problems of bacterial antibiotic resistance

K.B. Tereshkina^{1*}, E.V. Tereshkin¹, V.V. Kovalenko¹, Y.F. Krupyanski¹, N.G. Loiko²

¹ Semenov Federal Research Center for Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, 4 Kosygina st., Moscow, 119991, Russia

² Federal Research Centre 'Fundamentals of Biotechnology' of the Russian Academy of Sciences, 33 b. 2 Leninsky av., 119071 Moscow, Russia

*E-mail: quebra-mola@yandex.ru

Abstract. In this paper, the molecular mechanisms of interaction between the antibiotic ciprofloxacin and the main protein of the stationary phase of bacterial culture development (Dps, DNA-binding protein from starved cells) studied to solve problems of increasing antibiotic resistance. Unfavorable environmental conditions lead to inhibition of bacterial cell division and transfer cells to the states of internal resource conservation. The main task for the survival of bacteria in difficult external conditions is the preservation of DNA. DNA protection under a number of stresses (starvation, oxidative, etc.) is carried out by its condensation by the DNA-binding protein Dps. In the exponential phase, the content of Dps is 60, in the stationary phase ~200 molecules per cell. The paper considers the effect of the antibiotic ciprofloxacin on this protein. The methods of modern molecular modeling were used: docking, umbrella sampling, molecular dynamics. The energy characteristics of antibiotic binding to the protein were found. The spatial distribution of small molecules relative to the protein at 28°C and 55°C was shown. It was found that the antibiotic can migrate into the protein molecules.

Keywords: supercomputer modeling, bacterial antibiotic resistance, ciprofloxacin, DNA-binding protein Dps.

1. Введение

В последнее время всё более остро встаёт проблема возрастающей антибиотикоустойчивости бактерий. Это создаёт экологические проблемы и связанные с ними медицинские проблемы. Одним из механизмов защиты бактериальных клеток от неблагоприятных условий окружающей среды является их переход в покоящееся состояние. Происходящий при стрессах переход сопровождается значительным снижением чувствительности бактерий к антибиотикам, антисептикам, дезинфектантам и консервантам, что создаёт существенные проблемы в области антибактериальных мероприятий для экологии, медицины, и производств, где требуется соблюдение условий стерильности [1].

Для сохранения своей популяции, бактериальные клетки адаптировали ряд стратегий, которые направлены в первую очередь на сохранение целостности генетического материала [2]. Важную роль в сохранении генетического материала бактерий в таких состояниях играют ферритиноподобные ДНК-связывающие белки Dps и их гомологи [3]. Нуклеоид бактерий иерархически организован ДНК-связывающими белками [4]. Ими же обеспечивается защита генетического материала бактерий при любом стрессе на протяжении всего жизненного цикла бактериальной культуры. Бактериальная хромосома может образовывать различные конденсированные структуры при стрессе и становится нечувствительной к внешним воздействиям [5–8].

Белки Dps обладают двумя функциями важными для бактериальных клеток функциями. Во-первых, у всех бактерий они секвестрируют опасные формы двухвалентного железа Fe^{2+} , которые, без удаления из цитоплазмы, образуют путём реакции Фентона ядовитые формы кислорода. Накапливаемые внутри белка Dps ионы железа переводятся, минуя реакцию Фентона, в форму Fe^{3+} , связанную с белком. Второй функцией белков Dps является у многих бактерий является связывание и конденсация бактериальной ДНК в такой форме, которая противостоит подавляющему большинству внешних воздействий. Последняя из этих функций помогает прокариотическим клеткам не только пережить длительное голодание, но и стать более устойчивыми к любым стрессовым воздействиям, включая действие антимикробных агентов. [9]. Наличие такого белка у возбудителей *Yersinia pestis*, *Micobacterium tuberculosis*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enterica* и других болезнетворных бактерий считается одним из

факторов, обеспечивающих их устойчивость к антибиотикам, и представляет несомненную экологическую и медицинскую проблему [10].

2. Постановка задачи (Цель исследования)

Несмотря на широкое изучение белка Dps различными методами при разных условиях, до сих пор отсутствует информация о молекулярных механизмах его взаимодействия с антибиотиками, в частности, доступным и широко применяемым антибиотиком цiproфлоксацином (рисунок, 1). Не понятно, может ли белок Dps (рисунок, 2) удалять антибиотик из цитоплазмы. Насколько воздействие антибиотика может быть критичным при образовании связей между подвижными N-концами белка и ДНК. Кроме того, не исследована область воздействия антибиотиков на начальных этапах образования комплексов ДНК-Dps. Поэтому целью данной работы было исследование молекулярных механизмов взаимодействия цiproфлоксацина с белком Dps и определение возможного влияния на образование комплексов с ДНК. В дальнейшем полученные результаты позволят провести необходимые экспериментальные исследования и помогут в разработке доступных и эффективных мер антибактериальной борьбы.

3. Методы и материалы исследования

В качестве методов исследования были выбраны три современных метода молекулярного моделирования. Докинг – один из высокопроизводительных методов поиска сайтов связывания лигандов (часто – лекарственных препаратов) с белком. Метод молекулярной динамики – ёмкий инструмент исследования эволюции межмолекулярных взаимодействий на атомном уровне. Методы поиска свободной энергии в молекулярной динамике позволяют определить энергетические характеристики связывания исследуемых веществ. Метод зонтичной выборки выигрывает в том, что позволяет построить зависимость потенциала средней силы от координаты, определив энергии на всё протяжении молекулярной траектории относительно заданной координаты.

Докинг цiproфлоксацина по всей поверхности белка проводился с использованием AutoDock и AutoDock Vina с генетическим алгоритмом Ламарка в пакете PyRx [9]. Заряды белка и лиганда назначались с использованием AutoDock Vina.

Расчёты молекулярной динамики проводились в полноатомном приближении с использованием программного комплекса Gromacs [10]. Применялись периодические граничные условия. Давление 1 атм. поддерживал Баростат Парринелло–Рамана (постоянная времени 2 пс) изотропным способом. Взаимодействия для связанных ковалентной связью и близких друг к другу атомов рассчитывались на каждом временном шаге. Учёт электростатических взаимодействий на больших расстояниях проводился по методу Эвальда (PME). Радиусы обрезания для всех типов взаимодействия брались равными 1.5 нм. Список соседей поддерживался с помощью схемы отсечки Верле и обновлялся каждые 10 фс. С помощью алгоритма LINCS ограничивались быстрые степени свободы. Шаг интегрирования был взят равным 2фс, длина траекторий составляла 0.5 мкс. Исследование велось при температурах 28°C и 55°C, поддерживаемых стохастическим методом (термостат Ланжевена).

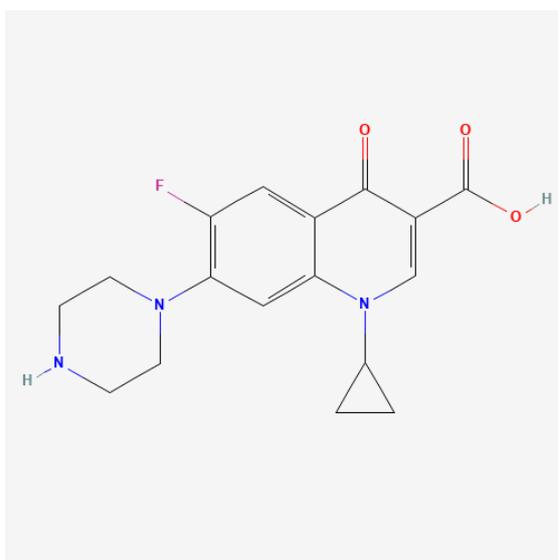


Рисунок 1. Структура антибиотика ципрофлоксацина.

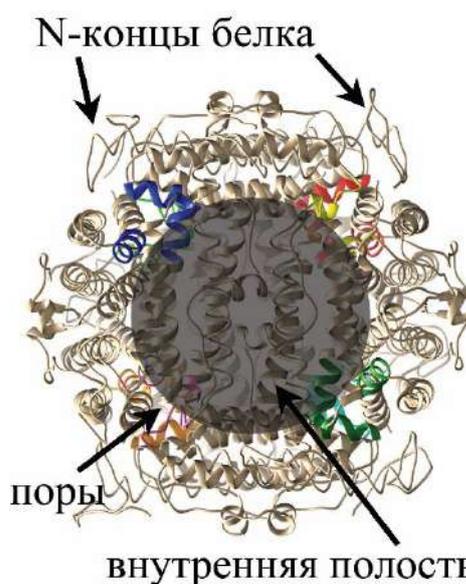


Рисунок 2. Структура ДНК-связывающего белка Dps (додекамерная форма). Цветами выделены поры.

Методы управляемой молекулярной динамики использовались для «протаскивания» молекулы ципрофлоксацина относительно координаты реакции через поры внутрь белка. После чего выбирались 200 точек вдоль координаты таким образом, чтобы

исследовать возможное проникновение антибиотика внутрь белка через поры Dps-типа и ферритинового типа.

4. Полученные результаты

Докинг молекул ципрофлоксацина проводился для всего белка, а также отдельных его областей (для охвата всей внешней и внутренней поверхности белка). В таблице 1 показано, что антибиотик обладает средней аффинностью связывания с белком. Основными сайтами связывания на поверхности белка являются ферритиновые поры белка, внутренняя поверхность белка, а также области N-концов.

Таблица 1. Свободная энергия взаимодействия ципрофлоксацина с областями белка Dps по данным докинга.

Положения в белке	Свободная энергия, ккал/моль
ферритиновые поры	-6.925
внутренняя поверхность белка	-6.675
N-концы	-6.701

Таким образом, докинг показывает, что антибиотик может связываться как с внешней, так и с внутренней поверхностью белка, но не даёт ответа и направлении процесса миграции малых молекул внутрь полости белка. Кроме того, докинг не может дать ответ на вопрос о свободной энергии лиганда при его нахождении в водном окружении вблизи внешней и внутренней поверхности. Для ответа на этот вопрос проведены исследования методом управляемой молекулярной динамики, зонтичной выборки с построением потенциала средней силы.

Проведённые молекулярно-динамические исследования показывают совпадение энергетических характеристик связывания ципрофлоксацина в районе ферритиновых пор и внутренней поверхности белка. Показано, что антибиотик способен проникать внутрь ферритиновых пор, но не может проникнуть в поры Dps-типа. Кроме того, расчёты в водном окружении показывают значительное отличие энергетических характеристик при нахождении антибиотика внутри и снаружи белка. По данным зонтичной выборки положение внутри белка энергетически более выгодно.

Таблица 2. Свободная энергия взаимодействия ципрофлоксацина с областями белка Dps по данным зонтичной выборки.

Положения в белке	Свободная энергия, ккал/моль
водное окружение вблизи внешней поверхности белка	~5
ферритиновые поры	~-7
водное окружение внутри белка	-10÷-12
внутренняя поверхность белка	~-7

Временная эволюция графиков функций радиального распределения (RDF) молекул ципрофлоксацина относительно белка Dps (рисунок, 3, 4) показывает наличие широкого пика при 28°C, что свидетельствует о том, что на поверхности белка адсорбированы как одиночные молекулы (~1.4 нм), так и кластеры ципрофлоксацина (~2.2 нм). В процессе динамики при 28°C на поверхности белка адсорбируются сначала одиночные молекулы, затем – кластеры. При 55°C ситуация иная. В этом случае одиночные молекулы собираются в кластеры ещё в растворе и только потом адсорбируются на поверхности белка. Об этом свидетельствует более гладкий пик на расстоянии примерно 2 нм. В целом, адсорбция на поверхности белка при более высокой температуре происходит быстрее, что видно по кривым 50-100нс.

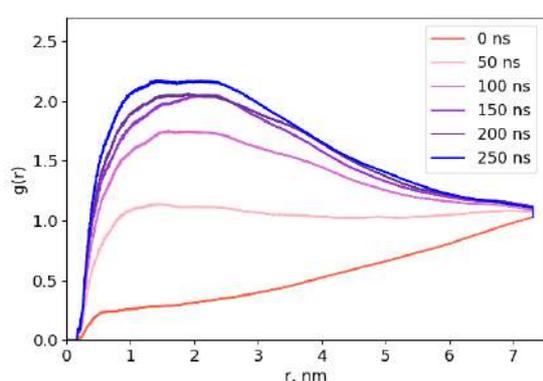


Рисунок 3. RDF Dps-антибиотик, 28°C.

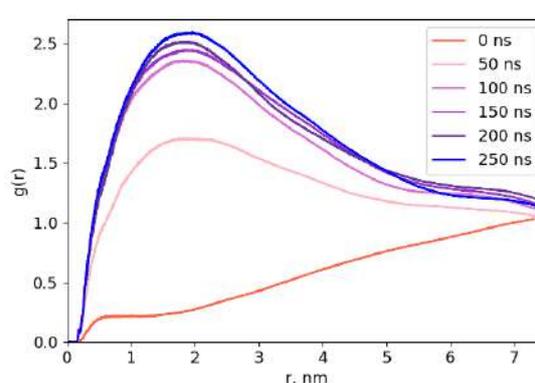


Рисунок 4. RDF Dps-антибиотик, 55°C.

5. Выводы

Методами современного суперкомпьютерного молекулярного моделирования показано, что антибиотик ципрофлоксацин может адсорбироваться на поверхности белка Dps, оказывая влияние на подвижность его N-концов и изменяя механизм связывания с ДНК. Исследование докинга и изменения свободной энергии взаимодействия (потенциал средней силы) ципрофлоксацина с Dps показывает, что антибиотик может проникать внутрь белка через ферритиновую пору и накапливаться во внутренней полости. Это даёт возможность предположить, что при диссоциации додекамера белка Dps, происходящем при изменении фазы роста бактериальной культуры, ципрофлоксацин может выходить в цитоплазму и оказывать влияние на клетку. Эффекты влияния антибиотика на белок Dps заметнее при повышении температуры с 28°C до 55°C.

Благодарности

Расчеты проводились на высокопроизводительной вычислительной системе МВС-10П в Межведомственном суперкомпьютерном центре Российской академии наук (МСЦ РАН). Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 23-24-00250.

Список литературы

1. Windels E.M. Bacteria under antibiotic attack: Different strategies for evolutionary adaptation. / E.M. Windels, B. Van den Bergh, J. Michiels // PLoS Pathog. – 2020. – V. 16. № 5– P. e1008431. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1008431>
2. Ткаченко А.Г. Молекулярные механизмы стрессорных ответов у микроорганизмов / Ткаченко А.Г. – Екатеринбург: УрО РАН, 2012. – 267 с.
3. Orban K. Dps Is a Universally Conserved Dual-Action DNA-Binding and Ferritin Protein. / K. Orban, S.E. Finkel // J Bacteriol. – 2022 – V. 204 – P. e0003622. <https://doi.org/10.1128/jb.00036-2>.
4. Amemiya H.M. Nucleoid-associated proteins shape chromatin structure and transcriptional regulation across the bacterial kingdom / H.M. Amemiya, J. Schroeder, P.L. Freddolino // Transcription. – 2021. – V. 12. – № 4. – P. 182-218. <https://doi.org/10.1080/21541264.2021.1973865>
5. Minsky, A. Stress, order and survival / A. Minsky, E. Shimoni, D. Frenkiel-Krispin // Nat Rev Mol Cell Biol. – 2002. – V. 3. – № 1. – P. 50-60. <https://doi.org/10.1038/nrm700>

6. Loiko N. Morphological peculiarities of the DNA-protein complexes in starved *Escherichia coli* cells / N. Loiko, Y. Danilova, A. Moiseenko et al. // PLoS One. – 2020. – V. 15. – № 10. – P. e0231562. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231562>
7. Крупянский Ю.Ф. Архитектура нуклеоида в покоящихся клетках *Escherichia coli* / Ю.Ф. Крупянский // Хим. физика. – 2021. – Т. 40. – № 3. – С. 60-79. <https://doi.org/10.31857/S0207401X21030079>
8. Крупянский Ю.Ф. Архитектура конденсированной днк в нуклеоиде бактерии *Escherichia coli* / Ю.Ф. Крупянский, В.В. Коваленко, Н.Г. Лойко и др. // Биофизика. – 2022. – Т. 67. – № 4. С. 638-651. <https://doi.org/10.31857/S0006302922040020>
9. Dallakyan S. Small-Molecule Library Screening by Docking with PyRx. / S. Dallakyan, A.J. Olson // Methods Mol. Biol. – 2015 – V. 1263 – P. 243-250.
10. Abraham M.J. GROMACS: High performance molecular simulations through multi-level parallelism from laptops to supercomputers / M.J. Abraham, T. Murtola, R. Schulz, S. Páll, J.C. Smith, B. Hess, and E. Lindahl // SoftwareX. – 2015 – V. 1. – No. 2. – P. 19–25.

УДК 519.866:662.75
<https://www.doi.org/10.47813/nto.5.2024.1003>

EDN [WALGQX](#)

Проведение эконометрического исследования на основе свойств композиционного топлива

С.Т. Тажикбаева

Ошский государственный университет, город Ош, 723500, Кыргызстан

E-mail: stajikbaeva@oshsu.kg

Аннотация. В данной статье представлен эконометрический анализ регрессионной модели для оценки эффективности получения композиционного водоугольного топлива с использованием кавитационно-пластификационного метода. Основной целью исследования является создание математической модели, которая позволит выявить взаимосвязи между физико-химическими параметрами компонентов смеси и её эксплуатационными свойствами, такими как теплотворная способность, вязкость, стабильность во времени и экономическая эффективность. Результаты экспериментального исследования по длиннопламенному углю применены к эконометрическому исследованию. Рассмотрены ключевые факторы, влияющие на теплотворную способность топлива, такие как содержание пирогенетической жидкости и устойчивость смеси в процессе хранения. При проведении эконометрического исследования по регрессионной модели в качестве основных факторов были приняты теплота сгорания, вязкость, средний размер капель, стабильность топлива и состав смеси и в ходе исследования компоненты смеси брались в разных пропорциях. На основе регрессионного анализа выявлена прямая зависимость теплотворной способности композиционного топлива от содержания пластификатора и обратная зависимость от уровня расслоения смеси. Результаты исследования позволяют предложить оптимальные условия для повышения стабильности и эффективности композиционного топлива, что имеет важное значение для разработки экологически и экономически обоснованных энергетических ресурсов.

Ключевые слова: композиционное топливо, регрессионная модель, эконометрический анализ, пирогенетическая жидкость.

Conducting an econometric research based on the properties of composite fuel

S. T. Tazhikbaeva

Osh State University, Osh, 723500, Kyrgyzstan

E-mail: stajikbaeva@oshsu.kg

Abstract. This article presents an econometric analysis of a regression model to assess the efficiency of producing composite coal-water fuel using the cavitation-plasticization method. The main goal of the study is to create a mathematical model that will identify the relationships between the physical and chemical parameters of the components of the mixture and its operational properties, such as calorific value, viscosity, stability over time and economic efficiency. The results of a pilot study on long-flame coal are applied to an econometric study. The key factors influencing the calorific value of the fuel, such as the content of pyrogenetic liquid and the stability of the mixture during storage, are considered. When conducting an econometric study using a regression model, calorific value, viscosity, average droplet size, fuel stability and mixture composition were taken as the main factors, and during the study, mixture components were taken in different proportions. Based on regression analysis, a direct dependence of the calorific value of the composite fuel on the plasticizer content and an inverse dependence on the level of mixture stratification were revealed. The results of the study make it possible to propose optimal conditions for increasing the stability and efficiency of composite fuel, which is important for the development of environmentally and economically viable energy resources.

Keywords: composite fuel, regression model, econometric analysis, pyrogenetic liquid.

1. Введение

Водоугольное топливо (ВУТ) – это вид экологически и экономически выгодного топлива, получаемого путем смешивания угля с водой. По мере измельчения частиц угля эффективность процесса сгорания увеличивается. Он рассматривается как альтернатива традиционному твердому топливу, играет важную роль в сокращении выбросов газов и эффективном использовании энергетических ресурсов. Это особенно важно для стран, интенсивно использующих уголь и крупных промышленных регионов. Использование данной технологии позволяет снизить затраты в промышленном производстве и энергетике.

Одной из основных проблем при производстве водоугольного топлива является стабильность смеси. Поскольку частицы угля тяжелые, они нестабильны в воде и могут тонуть, ухудшая качество топлива. Это требует многократного перемешивания смеси, что усложняет производственный процесс и увеличивает затраты. Поэтому обеспечение стабильности смеси играет ключевую роль при приготовлении композиционного топлива [1].

На основе фундаментальных исследований для повышения устойчивости рекомендуется добавление химических соединений в состав водоугольного топлива. Добавляя в смесь стабилизаторы и пластификаторы, можно обеспечить равномерное распределение частиц в смеси в течение длительного времени без оседания. Однако этот метод может иметь некоторые недостатки: 1) цена присадок создает дополнительные затраты, что снижает экономическую эффективность смеси; 2) эти соединения могут оказывать негативное воздействие на окружающую среду при горении. Поэтому возникает необходимость подготовки водоугольного топлива другим способом [2].

Размер частиц угля оказывает большое влияние на длительное хранение смеси. Поэтому желательно, чтобы диаметр угольных частиц в смеси был достаточно малым. С этой целью при приготовлении смеси водоугольного топлива необходимо использовать кавитационный метод. При кавитации происходят интенсивные гидродинамические воздействия, которые помогают более равномерно распределить угольные частицы в водной среде и улучшить смачиваемость угля водой. Использование кавитации и турбулентных потоков обеспечивает равномерное перемешивание мелких частиц. Этот метод экономически и экологически эффективен, поскольку не добавляется никаких химических добавок. Но сохранить эту смесь стабильной в течение длительного времени

сложно. Чтобы продлить стабильность смеси, необходимо ее постоянно помешивать. А этот процесс требует дополнительных затрат энергии.

Оба рассмотренных метода имеют свои преимущества и недостатки. Отсюда возникает необходимость повышения качества водоугольного топлива за счет их комбинирования, используя метод кавитационно-пластификации.

Целью исследования является создание и исследование регрессионной модели получения водоугольного композиционного топлива кавитационно-пластификационным методом.

2. Методы исследования

Для достижения поставленной цели нам необходимы результаты экспериментов, проводимых в этом направлении. Трехкомпонентное водоугольное топливо глубоко изучено учеными и результаты их экспериментов отражены в третьей статье. При подготовке водоугольного топлива использовались следующие компоненты [3]: 1) твердый компонент - длиннопламенный уголь (измельченный до фракции менее 100 мкм); 2) жидкий компонент - вода; 3) пластификатор - пирогенетическая жидкость (получается в процессе пиролиза древесины). Основные характеристики этих компонентов приведены в таблице 1:

Таблица 1. Характеристики компонентов ВУТ.

№	Состав ВУТ	плотность (кг/м ³)	pH	теплота сгорания (МДж/кг)
1.	вода	997	6,8	
2.	пирогенетическая жидкость	1044	2,3	2,8

№	Уголь	теплота сгорания (МДж/кг)	летучие вещества (%)	общ. сера (%)	углерод (%)	водород (%)	азот (%)	анал. вл. (%)	кислород (%)	зола (%)
		Q_{daf}^d	V_{daf}^d	S_t^d	C_t^d	H_t^d	N_t^d	W^a	O_t^d	A^d
1.	Длиннопламенный уголь	21,9	40,5	0,5	56,4	4	1	11,5	15,2	11,5

Для проведения эксперимента были предусмотрены вода и пластификаторы в разных пропорциях, соотношение угля не изменилось. Проведена кавитационная обработка при приготовлении водоугольного топлива. В ходе эксперимента при

изменении времени кавитационной обработки с 27 секунд до 90 секунд наблюдались изменения вязкости смеси и размера капель суспензии. Анализировали состояние приготовленной смеси через 3, 24 и 72 часа, т.е. исследовалась стабильность топлива. По формуле Д. И. Менделеева в каждом случае рассчитывали теплопроводность водоугольного топлива.

3. Результаты и анализ

Мы собрали необходимые нам данные для создания регрессионной модели и теперь помещаем результаты экспериментального исследования в электронную таблицу Excel (таблица 2).

Таблица 2. Значения, необходимые для регрессионной модели.

теплотворная способность ВУТ ((МДж/кг)	уголь (%)	вода (%)	пирогенетическая жидкость (%)	снижения динамической вязкости ВУТ (%)	снижение средних размеров капель (%)	расслоение ВУТ через 72 ч. (мл)
у	x1	x2	x3	x4	x5	x6
8,1	50	50	0	48	5,7	3
8,27	50	45	5	27	2,8	1
8,42	50	40	10	30	3,1	1
8,57	50	35	15	33	3,6	1
8,72	50	30	20	45	3,8	1

Главным свойством любого топлива является его теплотворная способность [4]. Поэтому теплотворная способность принималось в качестве переменной у. А остальные значения в таблице 2 – факторы, влияющие на основные свойства топлива.

Прежде всего, проверяется коллинеарность между факторами. Факторы не должны быть взаимно коррелированы. Для этого построим корреляционную матрицу используя возможности программы Excel. Из матрицы следует, что коллинеарность между факторами x_1, x_2, x_4, x_5 существуют и эти факторы исключаем из модели. Таким образом, будем строить регрессию у по факторам x_3, x_6 . Для этого в программе Excel есть функция «Регрессия» (таблица 3).

Таблица 3. Регрессионная статистика.

ВЫВОД ИТОГОВ									
Регрессионная статистика									
Множественный R		1							
R-квадрат		1							
Нормированный R-квадрат		1							
Стандартная ошибка	1,67403E-17								
Наблюдения		5							
Дисперсионный анализ									
		<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>			
Регрессия		2	0,23732	0,11866	4,234E+32	2,36169E-33			
Остаток		2	5,60476E-34	2,80238E-34					
Итого		4	0,23732						
	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>	
Y-пересечение	8,13	3,18726E-17	2,55078E+17	1,537E-35	8,13	8,13	8,13	8,13	
x3	0,03	1,4973E-18	2,00361E+16	2,491E-33	0,03	0,03	0,03	0,03	
x6	-0,01	1,32344E-17	-7,55608E+14	1,751E-30	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	

Из таблицы 3 следует, что уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$y = 8,13 + 0,03x_3 - 0,01x_6 \quad (1)$$

где, y - теплотворная способность водоугольного топлива, x_3 - пирогенетическая жидкость, x_6 - расслоение ВУТ через 72 ч.

Выполнение критериев Фишера и Стьюдента для созданной регрессионной модели видно из регрессионной статистики. Таким образом, построенное уравнение регрессии (1) значимо при уровне значимости $\alpha = 0,05$ [5].

Положительный коэффициент при переменной x_3 означает, что увеличение содержания пирогенетической жидкости в ВУТ ведет к увеличению теплотворной способности топлива. Отрицательный коэффициент при переменной x_6 указывает на обратную связь, чем больше наблюдается расслоение смеси через 72 часа, тем ниже теплотворная способность ВУТ. Постоянное значение 8,13 интерпретируется как базовое значение теплотворной способности ВУТ при отсутствии влияния факторов и оно совпало с первым значением y в табл.1.

4. Выводы

На основе результатов эксперимента создана регрессионная модель производства водоугольного топлива кавитационно-пластификационным методом и были выявлены следующие:

1. $y = 8,13 + 0,03x_3 - 0,01x_6$ - уравнение регрессии;
2. пропорция и тип пластификатора, устойчивость смеси в большей степени влияют на водоугольного топлива;
3. теплотворная способность водоугольного топлива прямо пропорциональна количеству пластификатора и обратно пропорциональна устойчивости смеси (расслоению).

Список литературы

1. Хрусталеv Б.М. Технология эффективного использования углеводородсодержащих отходов в производстве многокомпонентного твердого топлива / Б.М. Хрусталеv, А.Н. Пехота // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2016. – Т. 59. – № 2. – С. 122-140.
<https://doi.org/10.21122/1029-7448-2016-59-2-122-140>
2. Alekseenko S.V. Implementation of a three-stage scheme for the co-combustion of pulverized coal and coal-water slurry in an industrial boiler to reduce NOx emissions / S.V. Alekseenko, A.A. Dekterev, L.I. Maltsev, V.A. Kuznetsov // Process Safety and Environmental Protection. – 2023. – Vol. 169. – P. 313-327.
<https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.11.034>
3. Гвоздяков Д.В. Влияние кавитационной обработки на свойства водоугольных суспензий с добавками пирогенетической жидкости / Д.В. Гвоздяков, А.В. Зенков // iPolytech Journal. – 2023. – Т. 27. – № 2. – С. 297-309.
4. Тажикбаева С. Разработка компьютерной модели определения состава и качества композиционного топлива / С. Тажикбаева, Ы. Ташполотов // Бюллетень науки и практики. – 2024. – Т. 10. – №8. – С. 313-318. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/105/34>
5. Подкорытова О.А. Анализ временных рядов: учеб. пособие для бакалавриата и магистратуры / О.А. Подкорытова, М.В. Соколов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2018. – 267 с.

УДК 510.644.4

EDN [OAOQYP](#)

Регулирование параметров расхода кислорода при изготовлении целлюлозы

Б.М. Шифрин^{1*}, О.Г. Матвеева², В.А. Марков²

¹Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет, Институтский пер., 5, Санкт-Петербург, 194021, Россия

²Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, Высшая школа технологии и энергетики, улица Ивана Черных, 4, Санкт-Петербург, 198095, Россия

*E-mail: shifrinb@mail.ru

Аннотация. Предлагается применять методологию функционального моделирования на основе процессного подхода IDEF для анализа производства сульфатной целлюлозы. Разработана информационная модель процесса ее производства, использующая методологию IDEF0. Это позволяет подробно ознакомиться с основными химико-технологическими процессами, конфигурацией оборудования, участием персонала, а также изучить системы нормативных документов и правил. Такой подход нацелен на своевременный реинжиниринг бизнес-процессов, чтобы обеспечить своевременные улучшения в аппаратном оснащении, технологических решениях и кадровых вопросах, отражая эти изменения в модели. Поскольку строго математически процесс варки целлюлозы удовлетворительно не формализовать из-за наличия большого количества случайных факторов, вызывающих динамические возмущения непрерывного процесса, выбран класс нечетких моделей, интуитивно понятных человеку и применению которых нетрудно обучить. Предлагается использовать упрощенную модель на основе нечеткой логики со следующей стратегией управления, направленной на попытку уменьшения химического потребления кислорода: при допустимом уровне ХПК увеличиваем до возможного уровня производительность варки (за счет увеличения загрузки щепы и щелока); при превышении ХПК уменьшаем производительность варки, если это возможно; если изменение производительности не влечет уменьшение ХПК, включается сигнал тревоги.

Ключевые слова: целлюлоза, сульфатная варка, функциональное моделирование, IDEF-методология; нечеткая логика.

Oxygen consumption parameters for pulp production

B.M. Shifrin^{1*}, O.G. Matveeva², V.A. Markov²

¹St. Petersburg State Forest University, Institutsky lane 5, St. Petersburg, 194021, Russia

²St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Higher School of Technology and Energy, st. Ivana Chernykh 4, St. Petersburg, 198095, Russia

*E-mail: shifrinb@mail.ru

Abstract. It is proposed to apply the methodology of functional modeling based on the IDEF process approach to analyze the production of sulfate cellulose. An information model of its production process using the IDEF0 methodology has been developed. This allows you to get acquainted in detail with the main chemical and technological processes, the configuration of equipment, the participation of personnel, as well as to study the systems of regulatory documents and rules. This approach is aimed at timely reengineering of business processes to ensure timely improvements in hardware, technological solutions and personnel issues, reflecting these changes in the model. Since it is not satisfactory to formalize the pulp cooking process strictly mathematically due to the presence of a large number of random factors causing dynamic disturbances of the continuous process, a class of fuzzy models has been selected that are intuitive to humans and the use of which is not difficult to teach. The proposed approach is intuitive and easy to learn. It is suggested to employ a simplified model based on fuzzy logic, with a control strategy aimed at minimizing reduce chemical oxygen demand. When the chemical oxygen demand is within acceptable limits, we aim to maximize welding productivity by increasing the load of chips and liquor. However, if the chemical oxygen demand exceeds the acceptable limits, we reduce welding productivity to the extent possible. If the performance change does not entail a decrease in COD, the alarm is activated.

Keywords: cellulose, sulfate cooking, functional modeling, IDEF methodology, fuzzy logic.

1. Введение

Производство целлюлозы - сложный энергоемкий технологический процесс. В ходе данного процесса производится ряд механических, термических и химических операций, от качества которых будет напрямую зависеть качество получаемой продукции. Удаление лигнина способствует повышению эластичности сырья и снижает одревенелость целлюлозы, этот процесс происходит во время варки. Для отбеливания сырья применяют специальные реагенты и щелочную обработку [1].

В промышленности целлюлозу изготавливают двумя принципиально разными технологическими методами: сульфитной варки (кислотный) и сульфатной варки (щелочной). Сульфитная целлюлоза производится в периодических реакторах, тогда как сульфатная, нейтральная сульфитная и бисульфитная целлюлозы обрабатываются в установках с непрерывным рабочим циклом. На российских предприятиях используются в основном непрерывные варочные установки, в частности варочная установка «Камюр» с вертикальным котлом [2], удерживающая основные параметры варки в заданных диапазонах (выход продукта, температура, давление).

Одним из ключевых показателей, характеризующих экологическое состояние водных ресурсов и степень их загрязнения органическими веществами, является параметр химического потребления кислорода (ХПК). Чем выше значение ХПК, тем больше в воде органических загрязнителей и тем серьезнее ее загрязнение [3, 4].

2. Постановка задачи

Предлагается применять методологию функционального моделирования на основе процессного подхода IDEF для анализа производства сульфатной целлюлозы. Эта методология представляет систему в целом как совокупность взаимосвязанных действий или функций, а также потоков информации и материальных объектов на уровне диаграмм [5].

Предложенная информационная модель процесса производства сульфатной целлюлозы, основанная на методологии IDEF0. Применение данной методологии для моделирования химико-технологических производств в настоящее время мало распространено [6].

Упрощенная схема технологического процесса верхнего уровня представлена на рисунке 1.

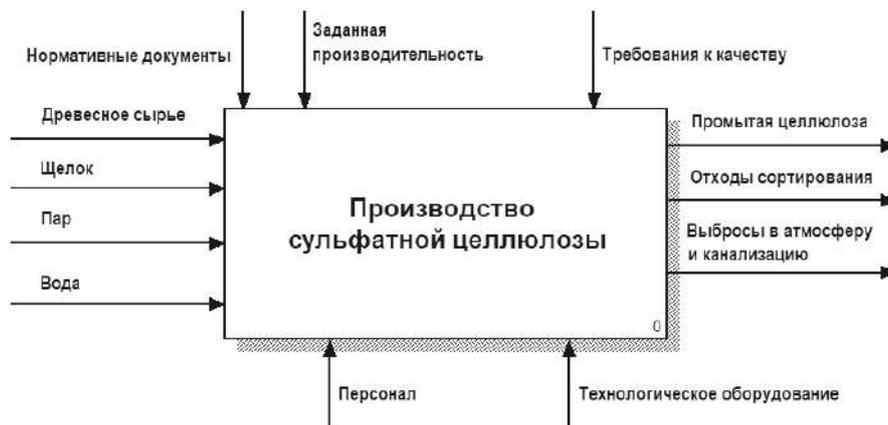


Рисунок 1. Контекстная диаграмма производства сульфатной целлюлозы.

3. Методы и материалы исследования

В статье предлагается использовать упрощенную модель на основе нечеткой логики [7] со следующей стратегией управления, направленной на попытку уменьшения ХПК (рисунок 2): при допустимом уровне ХПК увеличиваем до возможного уровня производительность варки (за счет увеличения загрузки щепы и щелока); при превышении ХПК уменьшаем производительность варки, если это возможно; если изменение производительности не влечет уменьшение ХПК, включается сигнал тревоги.

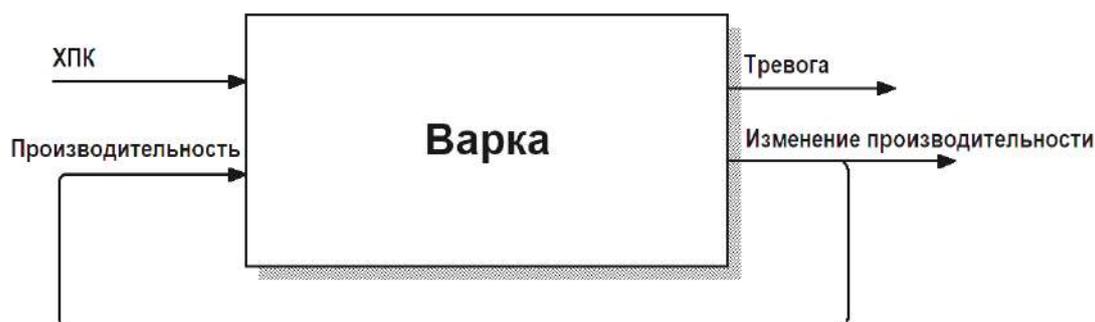


Рисунок 2. Принцип управления.

В качестве программного инструментария используем систему Matlab со встроенным пакетом Fuzzy Logic Designer – совокупностью прикладных программ, позволяющих конструировать нечеткие системы.

Созданная с помощью редактора системы нечеткого вывода модель с заданными входными лингвистическими переменными «Производительность», «ХПК» и

выходными лингвистическими переменными «Изменение производительности» «Тревога», представлена на рисунке 3.

4. Полученные результаты

Один из графиков, построенных с помощью программы просмотра поверхности системы нечеткого вывода, приведен на рисунке 4. Видно, что при низком уровне ХПК и невысокой производительности можно пытаться наращивать объемы производства.

Один из соответствующих синтезируемой нечеткой системе графиков, построенных с помощью программы просмотра поверхности системы нечеткого вывода, представлен на рисунке 4. Отсюда видно, что при допустимом уровне ХПК и невысокой производительности можно пытаться наращивать объемы производства.

5. Выводы

Используемый алгоритм управления на основе нечеткой логики позволяет простыми методами формализовать и объединять опыт операторов и разработчиков в настройке регулирования.

При этом постоянно накапливается опыт по управлению процессами данного типа, принимая во внимание исключения и особенности системы, учитываются и объединяются разнородные исходные данные.

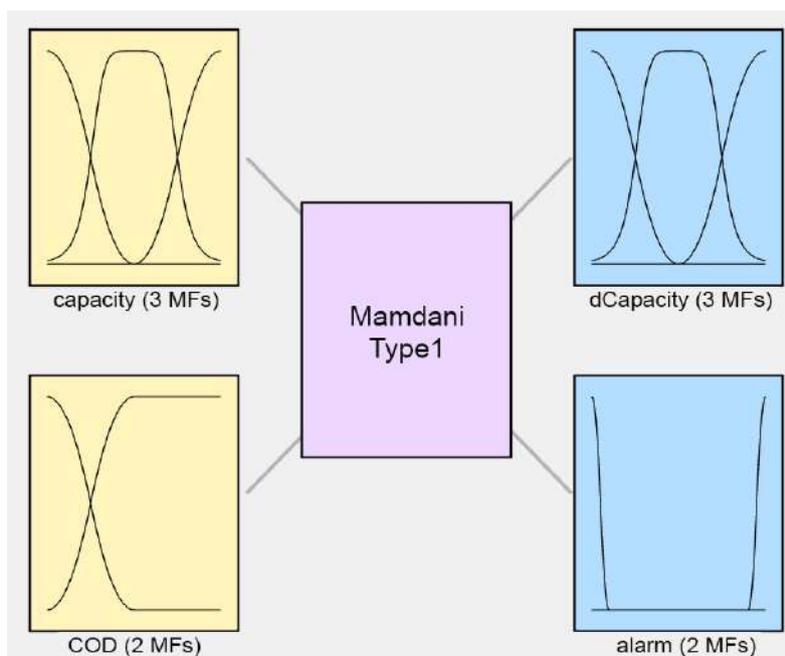


Рисунок 3. Упрощенная модель контроля ХПК.

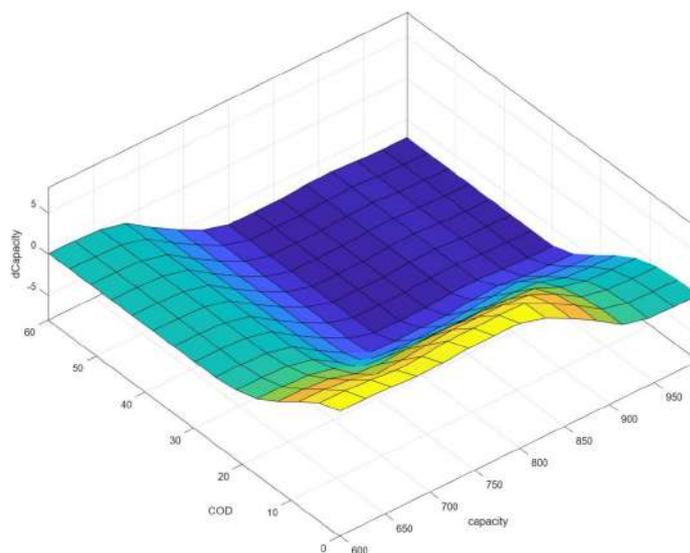


Рисунок. 4. Зависимость выходной переменной «dCapacity» от входных переменных «COD» и «capacity».

Список литературы

1. Кряжев А.М. Производство целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона / А.М. Кряжев, О.В. Голуб, А.Ю. Санжаровский // Энциклопедия технологий 2.0: Производство неметаллов. – Москва; Санкт-Петербург: Научно-исследовательский институт "Центр экологической промышленной политики", 2022. – 319-463 с.
2. Александров А.В. Оборудование ЦБП. Часть I. Основное оборудование для производства целлюлозы / А.В. Александров, А.А. Гаузе, В.Н. Гончаров // СПбГТУРП. – СПб., 2014. – 90 с.
3. Иванов Ю.С. Производство сульфатной целлюлозы. Часть 1: учебное пособие / Ю.С. Иванов // ГОУВПО СПбГТУРП. – СПб., 2010. – 76 с.
4. Pulp and paper industry-based pollutants, their health hazards and environmental risks / Mandeep G.K. Gupta, P. Shukla, H. Liu // Current Opinion in Environmental Science and Health. – 2019. – Vol. 12. – P. 48-56.
5. Шифрин Б.М. Использование IDEF-моделей для анализа процессов контроля качества / Б.М. Шифрин, Д.А. Попова // Мехатроника, автоматика и робототехника. – 2023. – № 11. – С. 165-168.
6. Барболина Л.В. Разработка информационной модели варочно-промывного цеха при производстве сульфатной целлюлозы / Л.В. Барболина // НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ

- и ОТКРЫТИЯ 2021: сборник статей XVIII Международного научно-исследовательского конкурса, Пенза, 20 февраля 2021 года. – Пенза: "Наука и Просвещение" (ИП Гуляев Г.Ю.), 2021.– С. 76-80.
7. Современное состояние применения и развития методов искусственного интеллекта в промышленных регуляторах и интеллектуальных системах управления / С.Л. Горобченко, Б.М. Шифрин, С.В. Алексеева [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 3. – С. 106-112.

УДК 681.5

EDN [NZSUUI](#)

Исследование проблем в области электроснабжения железнодорожного транспорта Красноярской железной дороги

К.Д. Рубцов^{1*} В.В. Лосев²

¹Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», ул. Академгородок, 50, Красноярск, 660036, Россия

²Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, пр. Красноярский рабочий, 31, Красноярск, 660037, Россия

*E-mail: kirill.rubtsov.2001@mail.ru

Аннотация. В данной научной работе исследуется проблема электроснабжения железнодорожного транспорта на примере Красноярской железной дороги. В ходе проведения анализа дана оценка текущему состоянию системы электроснабжения, выявляются основные проблемы электроснабжения. Авторами статьи рассматриваются возможные пути решения данных проблем, включая модернизацию оборудования, применения альтернативных источников энергии и искусственного интеллекта. В результате проведенного анализа делается вывод о необходимости комплексного подхода к решению проблем электроснабжения железнодорожного транспорта на Красноярской железной дороге. Реализация предложенных мер повысит надёжность и эффективность системы электроснабжения, что будет способствовать развитию железнодорожной инфраструктуры региона и улучшению качества предоставляемых услуг.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, электроснабжение, надёжность работы, модернизация, Красноярская железная дорога.

Research of problems in the field of electric power supply of railway transport of the Krasnoyarsk Railway

K.D. Rubtsov^{1*} V.V. Losev²

¹Federal Research Center "Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences", Akademgorodok str., 50, Krasnoyarsk, 660036, Russia

²Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev, 31 Krasnoyarsk Worker Ave., Krasnoyarsk, 660037, Russia

*E-mail: kirill.rubtsov.2001@mail.ru

Abstract. In this scientific work, the problem of power supply of railway transport is investigated using the example of the Krasnoyarsk railway. During the analysis, an assessment of the current state of the power supply system is given, the main problems of power supply are identified. The authors of the article consider possible solutions to these problems, including equipment modernization, the use of alternative energy sources and artificial intelligence. As a result of the analysis, it is concluded that there is a need for an integrated approach to solving the problems of power supply of railway transport on the Krasnoyarsk railway. The implementation of the proposed measures will increase the reliability and efficiency of the power supply system, which will contribute to the development of the railway infrastructure of the region and improve the quality of services provided.

Keywords: railway transport, power supply, reliability of operation, modernization, Krasnoyarsk railway.

1. Введение

Красноярская железная дорога проходит через 4 региона Российской Федерации: Красноярский край, Республику Хакасию, Кемеровскую и Иркутскую области. Длина дороги составляет 3158 км. На ней трудятся 26 073 сотрудника. В первом полугодии 2024 года было перевезено 832,8 тыс. пассажиров в дальнем сообщении и 2,8 млн. пассажиров в пригородном сообщении. Грузовые перевозки на первое полугодии составили 41,3 млн. т, среди которых основной погрузкой являются уголь (29 млн. т), нефть (3,1 млн. т) и строительные грузы (893,4 тыс. т). Магистраль является главной транспортной линией для Красноярского края и Республики Хакасии, по ней идёт основной поток грузов (более 80% всей продукции и сырья) [1].

Крупнейшей пассажирской станцией дороги является Красноярск, сортировочной – Красноярск-Восточный. Всего на Красноярской железной дороге 180 станций. Общее количество платформ для посадки и высадки пассажиров – 668.

В связи с увеличением грузооборота и пассажирооборота на Красноярской железной дороге происходит модернизация оборудования, происходит строительство новых линий электропередач и оптимизация распределения нагрузки.

2. Постановка задачи (Цель исследования)

Целью данного исследования является анализ состояния железнодорожной инфраструктуры Красноярской железной дороги в области электроснабжения. Конкретные задачи исследования включают [2-7]:

- Изучение текущего состояния и уровня износа оборудования системы электроснабжения.
- Анализ эффективности работы систем управления и контроля электроснабжения.
- Оценка соответствия существующих мощностей потребностям железнодорожной инфраструктуры.
- Выявление проблемы участков и определение необходимости модернизации или замены оборудования.
- Разработка рекомендаций по улучшению системы электроснабжения с учётом перспектив развития железнодорожной сети.
- Оценка целесообразности предлагаемых мероприятий и выбор оптимальных решений.

3. Методы и материалы исследования

Для анализа состояния железнодорожной инфраструктуры в области электроснабжения на рисунке 1 изображена схема Красноярской железной дороги.

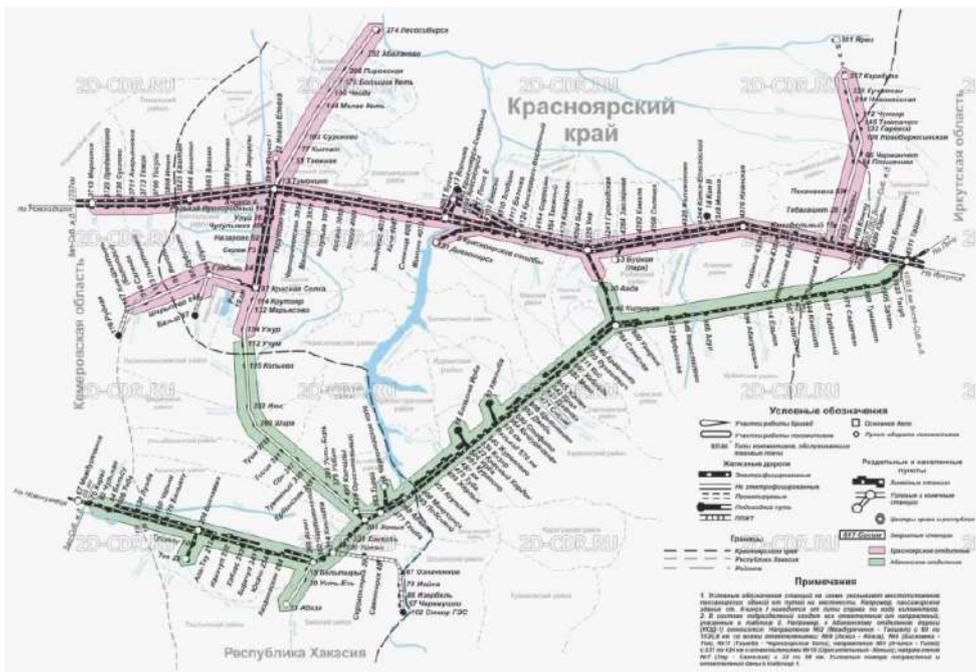


Рисунок 1. Схема Красноярской железной дороги.

Рассматривая техническую документацию, авторами статьи были выделены следующие проблемы в области электроснабжения железнодорожного транспорта [8-10]:

- 40% устройств электроснабжения превышают нормативные сроки эксплуатации, что требует их обновления.
- Повышенные требования к скоростям и весовым нормам поездов, что также влияет на состояние оборудования.
- Сложности в выделении длительных «окон» для проведения работ, особенно в летнее время из-за увеличения потока поездов и путевых работ.
- Необходимость внедрения современных технологий и систем управления для повышения эффективности работы и снижения затрат на обслуживание.
- Проблемы с качеством электроэнергии, которые могут привести к сбоям в работе оборудования и нарушению безопасности движения поездов.
- Необходимость развития альтернативных источников энергии (например, солнечная и ветровая энергетика) для снижения зависимости от традиционных источников.
- Повышение требований к экологической безопасности и снижению воздействия на окружающую среду при проведении работ по обслуживанию и ремонту оборудования.
- Проблема электромагнитной совместимости (ЭМС) в области электроснабжения железнодорожного транспорта.
- Высокий износ оборудования и инфраструктуры сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ).

4. Полученные результаты

Согласно проблемам, которые выявлены на Красноярской железной дороге в области электроснабжения, авторами статьи предложены возможные пути решения, имеющие исследовательский потенциал (таблица 1).

Таблица 1. Проблематизация предметной области «Электроснабжение на Красноярской железной дороге» и постановка задач исследовательской деятельности.

Проблема	Постановка исследовательской задачи
1. Влияние блуждающих токов на коррозию подземных сооружений	Размещение подземных сооружений как можно дальше от электрифицированных железных дорог; Выбирать трассы с высоким электрическим сопротивлением грунта; Применять изолирующие покрытия и изолирующие канализации; Отделять их изолирующими вставками и муфтами

2. Повышение напряжения передачи электрической энергии (ЭЭ)	Использование высоковольтных линий; Применение современных технологий; Разработка новых типов электрооборудования; Интеграция с другими видами транспорта; Оптимизация маршрутов; Развитие инфраструктуры; Мониторинг и контроль
3. Применение энергоёмких накопителей энергии	Оптимизация параметров; Разработка новых технологий; Мониторинг и контроль; Выбор типа накопителя; Интеграция с другими системами; Выбор типа полупроводникового элемента
4. Применение современных преобразовательных технологий и безмасленного коммутационного оборудования	Оптимизация параметров; Интеграция с другими системами; Разработка новых технологий; Мониторинг и контроль
5. Обеспечение качества электроэнергии и оптимизация потребления реактивной мощности (РМ) в системах электроснабжения	Проведение точного технико-экономического анализа и компенсации реактивной мощности в сети (мониторинг параметров качества электроэнергии, установку КУ)
6. Разработка и внедрение передвижных модульных источников энергообеспечения для удалённых и труднодоступных регионов	Разработка и внедрение передвижных модульных источников энергообеспечения, (солнечные панели, ветрогенераторы, дизельные генераторы и другие технологии возобновляемой энергетики)
7. Разработка и внедрение автономных систем энергообеспечения	Использование контейнерных электростанций; Аварийное энергоснабжение сортировочных горок; Автономное энергообеспечение при ремонте и модернизации пути
8. Электромагнитные влияния на линиях автоблокировки (АБ)	Использование экранированных кабелей и устройств; Применение фильтров и стабилизаторов напряжения; Установка защитных устройств; Регулярное техническое обслуживание и проверка оборудования; Проектирование системы с учётом электромагнитной совместимости
9. Возникновение ёмкостного напряжения на металлических опорах	Установка дугогасящих реакторов для компенсации ёмкостного тока и предотвращения феррорезонансных процессов; Использование защитных резисторов для ограничения тока в цепи заземляющих выводов трансформаторов напряжения; Транспозиция фаз для уменьшения несимметрии ёмкостей фаз относительно земли и предотвращения смещения нейтрали; Применение автоматических устройств для подстройки дугогасящих реакторов в резонанс с ёмкостью сети и снижения перенапряжений при дуговых замыканиях на землю
10. Внедрение современных технологий накопления электроэнергии сгенерированной электроподвижным составом (ЭПС) для обеспечения минимального межпоездного интервала	Использование накопителей энергии; Применением систем рекуперативного торможения; Интеграция солнечных панелей и ветрогенераторов; строительство новых тяговых подстанций
11. Масштабное введение средств технического диагностирования в электроэнергетике	Использование машинного обучения и ИИ для автоматического анализа данных и прогнозирования состояния оборудования
12. Использование технических решений в области сверхпроводимости и водородной энергетике	Использование водородного топлива в зелёной экономике; развитие водородной энергетики

13. Подавление синфазных токов для тяговой системы железнодорожного транспорта	Интеллектуальная автоматическая система управления с использованием вольтодобавочного трансформатора и искусственной вейвлет-нейронной сети для автоматического регулирования режимов функционирования системы
14. Применение регулируемых установок компенсации РМ в системе тягового электроснабжения (СТЭ)	Применение графических методов моделирования; Использование регулируемых установок компенсации РМ; установка ФКУ для снижения гармоник
15. Применение возобновляемых источников энергии (ВИЭ)	Использование солнечных панелей, ветрогенераторов; Разработка специализированного оборудования для сбора, хранения и использования ВИЭ
16. Применение Smart-grid и искусственного интеллекта в электроснабжении	Разработка многоуровневой модели управления перевозочным процессом в режиме реального времени
17. Повышение качества электроснабжения устройств СЦБ	Разработка математических моделей систем электроснабжения устройств СЦБ; Исследование и разработка методов улучшения характеристик систем электроснабжения на основе новых технических решений
18. Исследование электромагнитной обстановки на участках обновления Красноярской железной дороги	Использование метода конечных элементов для анализа параметров электромагнитного поля; Обработка экспериментальных данных в режиме реального времени с помощью приборов
19. Внедрение альтернативных источников ЭЭ в энергетический комплекс КрасЖД	Гидроэнергетика; Биоэнергетика; Геотермальная энергетика; Развитие электротранспорта и зарядной инфраструктуры
20. Исследование компенсации РМ на электровозе	Использование конденсаторных батарей; Применение синхронных компенсаторов; Разработка системы управления реактивной мощностью

Согласно таблице 1, в которой приведена проблематизация предметной области и сформулированы задачи исследовательской деятельности, явно выражены технологические проблемы, связанные с техническим состоянием оборудования, внедрением новых технологий (например, с применением высоких технологий, построением моделей, искусственного интеллекта, машинного обучения, интернета вещей). К примеру, использование интернета вещей и машинного обучения позволит собирать данные о состоянии оборудования и оптимизировать процессы, связанные с технологическим обслуживанием и ремонтом. Построение моделей на основе этих данных поможет прогнозировать возможные сбои и предотвращать их. Искусственный интеллект может быть использован для автоматизации процессов управления и принятия решений, что повысит эффективность работы компании в области электроэнергетики [11].

Также при исследовании проблем в области электроснабжения железнодорожного транспорта Красноярской железной дороги с точки зрения критериев устойчивого развития можно включить следующие аспекты:

- Полное и надёжное энергетическое обеспечение перевозочного процесса, снижение рисков и предотвращение кризисных ситуаций в энергообеспечении железнодорожного транспорта Красноярского региона.
- Значительное снижение удельного расхода топливно-энергетических ресурсов в сферах деятельности ОАО «РЖД».
- Оптимизация энергетических затрат в стационарной энергетике.
- Совершенствование структуры управления энергетическим комплексом АО «РЖД» на основе современных информационных технологий (описаны выше).
- Минимизация техногенного влияния железнодорожной энергетики на окружающую среду.

Следовательно, ключевые энергосберегающие технические решения и разработки, направленные на перспективу, включают создание нового поколения энергетически эффективного оборудования, замещение дизельного топлива сжиженным и сжатым природным газом, повышение напряжения передачи энергии к электроподвижному составу (ЭПС), использование энергоёмких накопителей энергии, применение высоких технологий и другие инновации, которые будут эффективно использоваться в области электроснабжения.

5. Выводы

Красноярская железная дорога уделяет особое внимание повышению энергоэффективности своей деятельности, внедряя инновационные технологии и обновляя активы. В результате проведённого исследования можно сделать следующие выводы:

- Главные задачи в области электроснабжения железнодорожного транспорта включают надёжное обеспечение перевозочного процесса, снижение удельного расхода топливно-энергетических ресурсов, оптимизацию энергетических затрат и минимизацию техногенного влияния на окружающую среду.
- Ключевые энергосберегающие технические решения должны быть ориентированы на создание нового поколения подвижного состава, замещение

дизельного топлива сжиженным и сжатым природным газом, повышение напряжения передачи энергии и использование энергоёмких накопителей.

- Для обеспечения энергобезопасности инфраструктуры необходимо резервировать энергетические сети, создавать передвижные модульные источники энергообеспечения и собственные железнодорожные транспортные системы.
- Применение современных технологий (искусственный интеллект, машинное обучение, интернет вещей) может значительно повысить энергоэффективность и безопасность железнодорожного транспорта. При применении данных технологий системы могут анализировать данные о потреблении энергии и предсказывать будущие потребности, что позволяет оптимизировать распределение ресурсов; обрабатывать данные с датчиков, установленные на поездах или оборудовании, для предсказания возможных неисправностях и необходимости технического обслуживания, что позволяет снизить время простоя и увеличить эффективность. Также при внедрении автоматизированных систем управления энергопотреблением можно более эффективно распределять ресурсы и быстро реагировать на изменения в спросе. А создание компьютерных моделей для симуляции различных сценариев использования энергии позволит выявить наиболее эффективные стратегии управления ресурсами.

Список литературы

1. Итоги I полугодия // Дорога в цифрах URL: <https://kras.rzd.ru/ru/3086/page/103290?id=20560#main-header> (дата обращения: 07.10.2024).
2. ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ЗАДАЧИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ В «ОАО» РЖД // Международный студенческий научный вестник URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=21121> (дата обращения: 07.10.2024).
3. Studfile // 5.4. Критерии устойчивого развития URL: <https://studfile.net/preview/8929062/page:65/> (дата обращения: 07.10.2024).
4. Электроснабжение железных дорог: Межвузовский тематический сборник научных трудов: Научное издание / Под редакцией О. А. Сидорова; Министерство транспорта Российской Федерации, Федеральное агентство железнодорожного транспорта,

- Омский государственный университет путей сообщения. – Омск: Омский государственный университет путей сообщения, 2016. – 71 с. – ISBN 978-5-94941-130-8. – EDN VIPHEJ.
5. Правила устройства электроустановок (ПУЭ), 7-е издание, М.2022.
 6. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок. Утверждены приказом Минтруда России от 24.07.2013 № 328н, (зарегистрировано Министерством юстиции Российской Федерации 12.13.2013г., регистрационный № 30593).
 7. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭ ЭП). Утверждены Приказом Минэнерго России от 13.01.2003 № 6.
 8. Инструкция по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках. Утверждена Приказом Минэнерго России от 30.06.2003 № 261.
 9. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации. Утверждены Приказом Минтранса России от 21 декабря 2010 г. № 286.
 10. ГОСТ Р 59853-2021 Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения.
 11. СП 77.13330.201 Свод правил. Системы автоматизации.

УДК 621-039-542

EDN [SGGJPX](#)

Объектно-ориентированная модель вентильного электропривода

И.А. Шураков^{1*}, С.И. Охапкин¹, С.А. Юдин¹, Ю.Г. Пономарев¹, С.А. Мокрушин²

¹Вятский государственный университет, ул. Московская 36, Киров, 610000, Россия

²Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Волоколамское шоссе 11, Москва, 125080, Россия

*E-mail: usr10365@vyatsu.ru

Аннотация. В статье рассмотрен актуальный вопрос о построении объектно-ориентированной модели электропривода на базе вентильного двигателя, дающее более детальное представление электрических, электромагнитных и механических процессов электрической машины. В качестве объекта проектирования рассмотрен вентильный электропривод с трапецидальной противо-ЭДС на базе микросхемы MC33035P. В работе представлено математическое описание, описывающее процессы электрической машины. Объектно-ориентированная модель разработана в программном пакете Simulink среды MATLAB. Основным результатом является демонстрация структуры модели электропривода, позволяющая проводить исследования и испытания режимов работы вентильного двигателя. Предложенная модель прошла верификацию данных с использованием результатов натурального испытания моделируемого вентильного двигателя на базе микросхемы MC33035P. Представленная объектно-ориентированная модель позволяет снимать величины токов и напряжений в любых точках статорной цепи, величины ЭДС, электромагнитного момента, а также позволяет оценить влияние каждой фазы на формирование электромагнитного момента в любой момент времени, что является существенным преимуществом разработанной модели ВД. Исследовательские и испытательные математические модели активно используются в ходе проектирования электроприводов современного машиностроения, что значительно снижает временные и материальные затраты производства.

Ключевые слова: электропривод, математическая модель, вентильный двигатель, Simulink, MC33035P.

Object-oriented model of a valve electric drive

I.A. Shurakov^{1*}, S.I. Okhapkin¹, S.A. Yudin¹, Yu.G. Ponomarev, S.A. Mokrushin²

¹Vyatka State University, 36 Moskovskaya str., Kirov, 610000, Russia

²Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH), 11 Volokolamsk Highway, Moscow, 125080, Russia

*E-mail: usr10365@vyatsu.ru

Abstract The paper considers the topical issue of constructing an object-oriented model of an electric drive based on a valve motor, which gives a more detailed representation of the electrical, electromagnetic and mechanical processes of an electric machine. A valve electric drive with a trapezoidal back-EMF based on the MC33035R chip is considered as an object of design. The paper presents a mathematical description describing the processes of an electric machine. The object-oriented model is developed in the Simulink software package of the MATLAB environment. The main result is a demonstration of the structure of the electric drive model, which allows for research and testing of valve motor operating modes. The proposed model has passed data verification using the results of a full-scale test of a simulated valve motor based on the MC33035R chip. The presented object-oriented model allows you to remove the values of currents and voltages at any point in the stator circuit, the EMF value, the electromagnetic moment, and also allows you to evaluate the influence of each phase on the formation of the electromagnetic moment at any time, which is a significant advantage of the developed high-voltage model. Research and testing mathematical models are actively used in the design of electric drives in modern mechanical engineering, which significantly reduces the time and material costs of production.

Keywords: electric drive, mathematical model, valve motor, Simulink, MC33035P.

1. Введение

В ходе разработки системы управления электропривода важно иметь достоверный инструмент, позволяющий оценить характеристики системы и поведение её в различных условиях эксплуатации на этапе проектирования. с данной задачей справляется программный пакет Simulink среды MATLAB [1,2].

В ходе разработки системы управления вентильным электроприводом (ВД) с трапецеидальной противо-ЭДС (далее ЭДС) выявлено, что пакет Simscape (SimPowerSystems) имеет два готовых решения по моделированию ВД [4]. Данные решения позволяют получить достоверные результаты моделирования, однако использование готового решения ограничивает глубину отражения процессов, протекающих в ВД в связи невозможности «взглянуть» внутрь электродвигателя.

Таким образом данная статья посвящена разработке объектно-ориентированной модели вентильного электропривода с трапецеидальной ЭДС в программном пакете Simulink, отражающая электрические, электромагнитные и механические процессы.

2. Математическое описание.

Вентильный двигатель с трапецеидальной ЭДС представляет собой трехфазную электрическую машину, ротор которой выполнен на постоянных магнитах. При вращении ротора в обмотках статора формируется ЭДС, имеющая периодическую функцию с трапецеидальной формой, называемой трапецеидальным синусом (рисунок 1). Описание процессов преобразований строится на анализе схемы замещения статорной цепи электрической машины [3] рисунок 2).

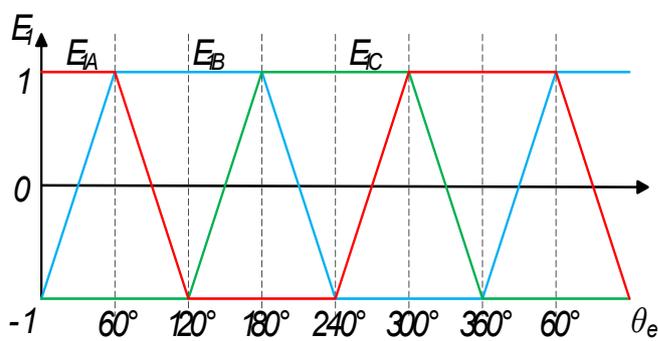


Рисунок 1. Форма сигналов противо-ЭДС электрического угла поворота ВД.

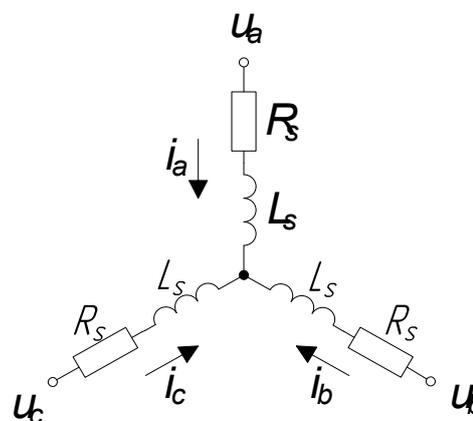


Рисунок 2. Схема замещения статорной цепи ВД.

Таким образом математическая модель ВД описывает система уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} u_a = R_s i_a + L_{ss} \frac{di_a}{dt} - e_a; \\ u_b = R_s i_b + L_{ss} \frac{di_b}{dt} - e_b; \\ u_c = R_s i_c + L_{ss} \frac{di_c}{dt} - e_c; \\ e_a = \psi_m p_n \omega_r e_{1a}; \\ e_b = \psi_m p_n \omega_r e_{1b}; \\ e_c = \psi_m p_n \omega_r e_{1c}; \\ M_r = \psi_m p_n (i_a e_{1a} + i_b e_{1b} + i_c e_{1c}); \\ \omega_r = \frac{1}{J_\Sigma} \int (M_r - M_c) dt. \end{array} \right. \quad (1)$$

где u_a, u_b, u_c – напряжения фаз статорной цепи;
 R_s – активное сопротивление статора;
 i_a, i_b, i_c – токи фаз;
 L_{ss} – индуктивности фаз;
 e_a, e_b, e_c – ЭДС фаз двигателя;
 ψ_m – потокосцепление ротора;
 p_n – число пар полюсов электродвигателя;
 ω_r – скорость вращения ротора;
 e_{1a}, e_{1b}, e_{1c} – единичная форма ЭДС двигателя;
 J_Σ – суммарный момент инерции;
 M_r, M_c – момент ротора и момент сопротивления.

3. Разработка

В разработке использованы следующие исходные данные:

- электрическая машина FL86BLS58 (таблица 1);
- напряжение питания звена постоянного тока 48 В;
- система управления ВД микросхема MC33035;
- электронный коммутатор – 6 MOSFET ключей;
- приведенный момент инерции $1,6 \cdot 10^{-4}$ кг*м².

В качестве системы управления используется контроллер MC33035. Данная микросхема является бесщеточным контроллером двигателя постоянного тока, содержащий все активные функции, необходимые для реализации управления двигателем с разомкнутым контуром. Контроллер включает в себя декодера положения, формирующий правильную последовательность коммутации, источник питания ДПР, пилообразный генератор, защитные функции и регулятор скорости. Таким образом, функции микросхемы включают в себя прямое или обратное вращение, разрешение на запуск и динамическое торможение [6].

Таблица 1. Параметры электрической машина FL86BLS58.

Наименование	Величина
Напряжение питания, В	48
Число фаз	3
Количество полюсов	8
Номинальная скорость, об/мин	3000
Номинальный крутящий момент, Нм	0.31
Мощность, Вт	110
Максимальный крутящий момент, Нм	1.03
Максимальный ток, А	11
Сопротивление между линиями, Ом	0.98
Индуктивность между линиями, мГн	2.58
ЭДС обратной связи, В/1000об/мин	8.1
Момент инерции ротора, г*см ²	1.6

Разработанная модель системы управления вентильным электропривода представлена на рисунке 3. В представленной модели используется пакет Simulink и Simscape (SimPowerSystems). Данные системы исчисления позволяют использовать схему замещения электрической машины в явном виде, совмещая с механической частью механизма, а также системы вычисления и программирования Simulink [5].

В качестве питания используется источник постоянного напряжения DC Voltage source. К его концам подключается управляемый инвертор напряжения Inverter, представляющий собой трехфазную мостовую схемы на шести МОП-транзисторах. Инвертор, на основании сигналов от системы управления, формирует трехфазную сеть, к которой подключен исследуемая модель ВД.

Модель ВД, представленная на рисунке 4, представляет собой схему замещения электрической машины, совмещенную с вычислением ЭДС, согласно математическому описанию (1). Модель имеет четырехпроводное подключение к электрической части, выходной момент ротора и вход обратной связи по скорости ротора для вычисления ЭДС машины.

Представленная объектно-ориентированная модель позволяет снимать величины токов и напряжений в любых точках статорной цепи, величины ЭДС, электромагнитного момента, а также позволяет оценить влияние каждой фазы на формирование

электромагнитного момента в любой момент времени, что является существенным преимуществом разработанной модели ВД.

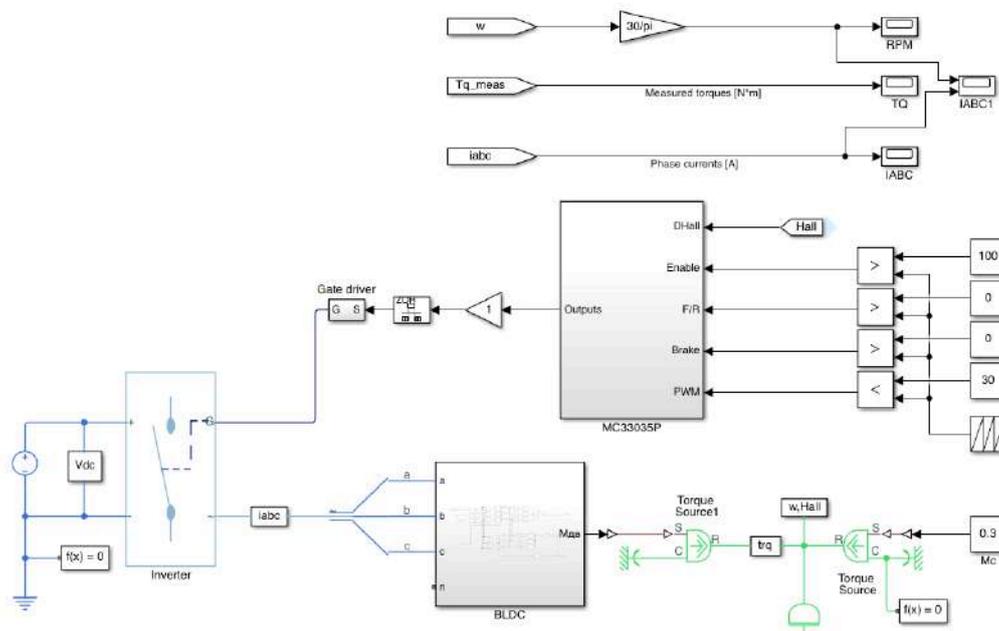


Рисунок 3. Объектно-ориентированная модель вентильного электропривода.

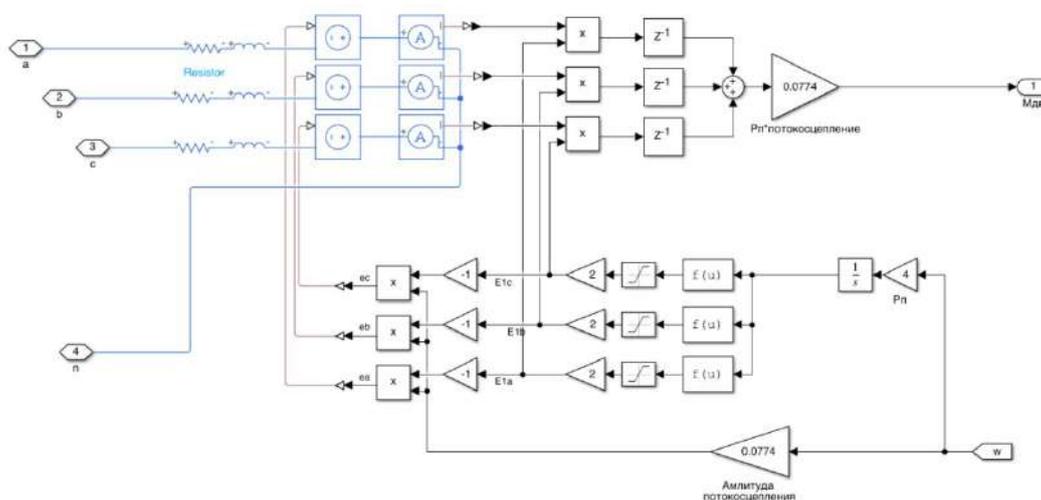


Рисунок 4. Субблок «BLDC» на основе схемы замещения.

Механическая часть электропривода состоит из маховика Inertia, формирующего эквивалентный приведенный момент инерции, двух управляемых источников механического момента Torque source, а также датчиков абсолютного положения и скорости Motion sensor, момента Torque sensor и ДПП (рисунок 5). Датчики абсолютного положения и скорости отражают объективные данные.

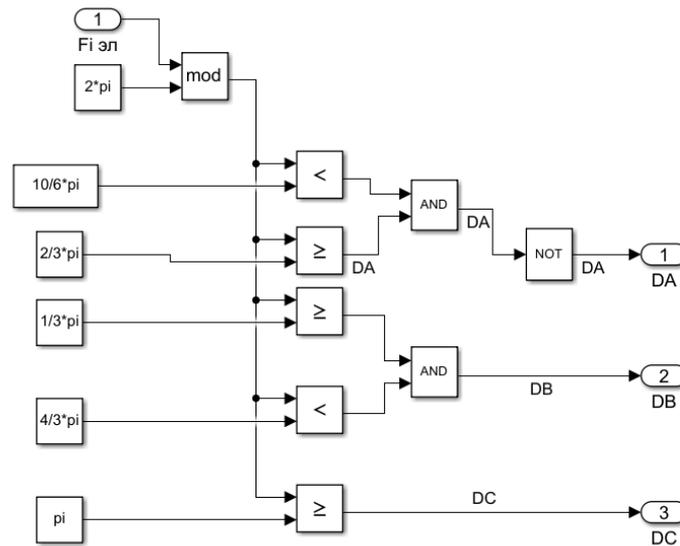


Рисунок 5. Субблок датчика положения ротора.

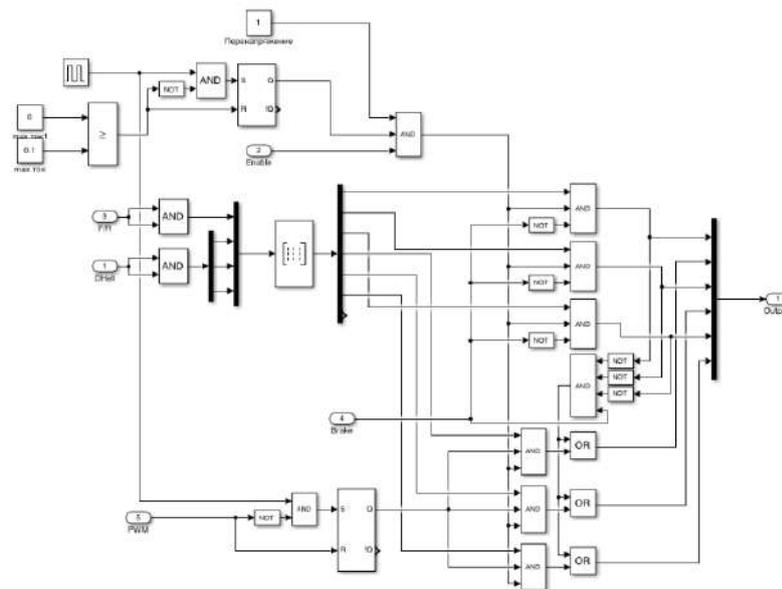


Рисунок 6. Субблок системы управления «MC33035P».

Система управления, формирующая управление ключами инвертора на основании информации от ДПР соответствует MC33035 [6] (Рисунок 6).

4. Верификация

Важнейшим показателем модели является соответствие полученных результатов с реальным объектом. На рисунках 7, 8 представлены временные диаграммы выходных величин при номинальном моменте сопротивления $M_c=0,3$ Нм.

Проведена серии опытов на виртуальном макете и реальном стенде с использованием идентичных элементов системы с использованием различных режимов работы микросхемы MC33035P. Результаты представлены в таблице 2.

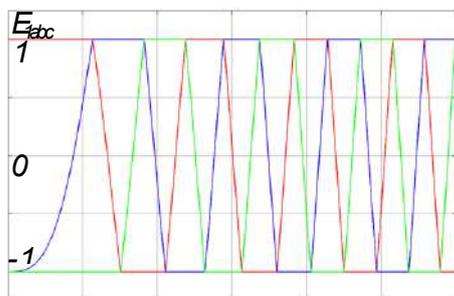


Рисунок 7. Формирование единичных сигналов против-ЭДС.

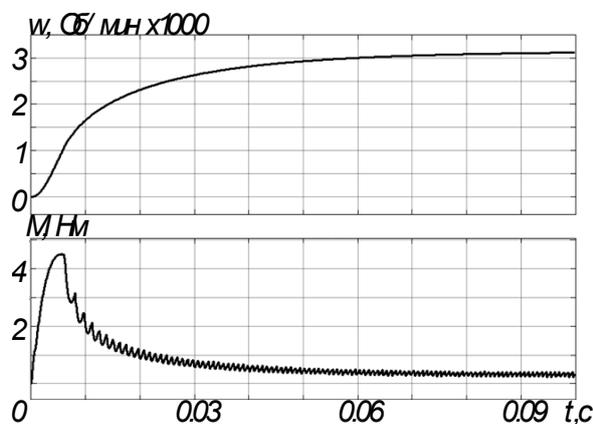


Рисунок 8. Осциллограммы скорости и момента от времени при полном управляющем воздействии и номинальном моментом сопротивления.

Таблица 2. Скорости результатов моделирования и макетного образца.

№	Enable, %	Brake, %	Скорость модель, об/мин	Скорость макет об/мин
1	100	100	3480	3420
2	90	100	2850	2550
3	80	100	2220	2220
4	70	100	1815	1800
5	60	100	1245	1200
6	50	100	675	675
7	100	90	3165	2850
8	100	80	2790	2490
9	100	70	2415	2190
10	100	60	2070	1875
11	100	50	1710	1575
12	100	40	1350	1140
13	100	30	975	840
14	100	20	615	600
15	100	10	255	300

5. Выводы

Таким образом в статье предложено корректное математическое описание вентильного двигателя, демонстрирующее электромеханические процессы.

Разработана объектно-ориентированная модель вентильного электропривода с трапецеидальной ЭДС, позволяющая оценивать процессы электродвигателя, а также данная модель позволяет изменять кривую ЭДС или электрическую цепь, что расширяет границы применения модели в исследовательской деятельности.

В последнем разделе статьи представлены результаты проведения верификации модели, что доказывает достоверность предложенного математического описания и созданной модели на её основе.

Список литературы

1. Шураков И.А. Проектирование математической модели электропривода на базе вентильного двигателя в среде Simulink / И.А. Шураков, Е.Н. Малышев, Ю.Г. Пономарев и др. // Общество. Наука. Инновации. (НПК-2023): Сборник материалов XXIII Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, приуроченной к 60-летию ВятГУ. В 2-х томах, Киров, 12–22 июня 2023 года. Том 2. – Киров: Вятский государственный университет, 2023. – С. 98-101. – EDN WFHTEE.
2. Шураков И.А. Формирование предельных режимов вентильного электропривода / И.А. Шураков, Е.Н. Малышев, Ю.Г. Пономарев и др. // Общество. Наука. Инновации. (НПК-2023): Сборник материалов XXIII Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, приуроченной к 60-летию ВятГУ. В 2-х томах, Киров, 12–22 июня 2023 года. Том 2. – Киров: Вятский государственный университет, 2023. – С. 93-97. – EDN YLRNUC.
3. Присмотров Н.И. Синхронные двигатели и электроприводы на их основе: учеб. пособие / Н. И. Присмотров, Ю. Г. Пономарев. – Киров: ВятГУ, 2019. – 236 с.
4. Герман-Галкин С.Г. Виртуальные лаборатории полупроводниковых систем в среде Matlab-Simulink+ CD. – 2013.
5. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем. СПб.: КОРОНА принт. 2001.
6. Brushless DC Motor Controller [Электронный ресурс] URL: <https://www.onsemi.com/pdf/datasheet/mc33035-d.pdf> (дата обращения: 31.03.2023).

УДК 681.3

EDN [UPRDHG](#)

Цифровое моделирование процесса абсорбции в инженерной среде RTSIM

А.Р. Рыжакова, А.Н. Багапов, Э.В. Гарифуллина*, В.В. Бронская

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
ул. Карла Маркса, 68, Казань, Респ. Татарстан, 420015, Россия

*E-mail: GarifullinaEV@fnnh.ru

Аннотация. Моделирование технологических процессов в нефтегазохимическом комплексе является одной из важнейших задач. В этой взрывопожароопасной отрасли, где используются дорогостоящие сырье и продукты, любое изменение требует тщательного моделирования и последующего внедрения на промышленных установках. Установка аминовой очистки кислых газов играет ключевую роль в переработке сернистых нефтей и газов. В процессе аминовой очистки в качестве абсорбента применяются амины. Моделирование данного процесса позволяет достичь максимальной степени очистки газа при минимальном расходе абсорбента, что не только снижает материальные затраты, но и обеспечивает безопасность исследований за компьютером. В рамках цифрового моделирования процесса аминовой очистки кислых газов в среде RTSIM.карьера была решена задача определения оптимального количества абсорбента, необходимого для минимизации содержания сероводорода в отходящем газе.

Ключевые слова: моделирование, абсорбция, аминовая очистка.

Digital simulation of the absorption process in the RTSIM engineering environment

A.R. Ryzhakova, A.N. Bagapov, E.V. Garifullina, V.V. Bronskaya *

Kazan National Research Technological University, 68 Karl Marx st., Kazan, 420015, Russia

*E-mail: GarifullinaEV@fnnh.ru

Abstract. Modeling of technological processes in the petrochemical complex is one of the most important tasks. In this explosive and fire-prone industry, where expensive raw materials and products are used, any change requires careful modeling and subsequent implementation in industrial installations. The amine acid gas treatment plant plays a key role in the processing of sulfurous oils and gases. In the process of amine purification, amines are used as an absorbent. Modeling of this process allows achieving the maximum degree of gas purification with minimal consumption of absorbent, which not only reduces material costs, but also ensures the safety of computer research. In the context of digital simulation of the process of amine cleaning acidic gases using the RTSIM software environment, the problem of determining the optimal amount of absorbent required to minimize the content of hydrogen sulfide in the exhaust gas was solved.

Keywords: modeling, absorption, amine purification.

1. Введение

Моделирование технологических процессов нефтегазохимического комплекса представляет большой интерес. Нефтегазоперерабатывающая отрасль является взрывопожароопасной, с дорогим сырьем и продуктами. Любое вмешательство в процесс, даже при условии его улучшения, необходимо проводить сначала на моделях, а при успешном моделировании, применять на промышленных установках.

Установка аминовой очистки кислых газов является неотъемлемой в процессах переработки сернистых нефтей и газов. Важным компонентом процесса является абсорбент. В аминовой очистке в качестве абсорбента выступают амины. Моделирование процесса, при котором можно получить рациональный технологический режим позволяющий получить максимально очищенный газ при минимальном расходе абсорбента, является актуальной задачей и позволяет как снизить материальные затраты на проведение подобных экспериментов, так и провести исследование в безопасности, находясь за компьютером [1-4].

2. Постановка задачи (Цель исследования)

При цифровом моделировании процесса аминовой очистки кислых газов в среде РТСИМ.карьера решается задача безопасного исследования процесса, при котором проводится определение необходимого количества абсорбента, подаваемого в абсорбер, при минимальном содержании сероводорода в отходящем газе.

Аминовая очистка — это процесс удаления кислых компонентов из газовых смесей с использованием аминов. Этот метод широко применяется в химической промышленности для очистки газов от сероводорода, углекислого газа, хлористого и фтористого водорода, а также других кислых примесей. Существует несколько видов аминовой очистки, которые различаются типом используемого амина и условиями проведения процесса: моноэтаноламиновая, диэтаноламиновая и метилдиэтаноламиновая очистки. К основным этапам аминовой очистки относят подготовку газа, абсорбцию, десорбцию и обработку отходов.

Преимуществами этого метода являются высокая эффективность очистки, возможность работы с различными типами газов и относительная простота процесса.

Наибольшей популярностью процесс аминовой очистки пользуется при очистке нефти и нефтепродуктов. Таким образом удастся уменьшить содержание серы и снизить выброс вредных веществ в окружающую среду, более эффективно использовать сырье и уменьшить количество отходов [5-6].

3. Методы и материалы исследования

Для изучения и цифрового моделирования процесса аминовой очистки кислых газов применялось программное обеспечение РТСИМ.карьера. В РТСИМ абсорбер представляет собой насадочную колонну, в нижнюю часть которой подается кислый газ, а в верхнюю - абсорбент МЭА. На линии подачи кислого газа и на линии очищенного газа на границу установки находятся анализаторы, по показаниям которых можно определить содержание сероводорода в газе (рисунок 1).

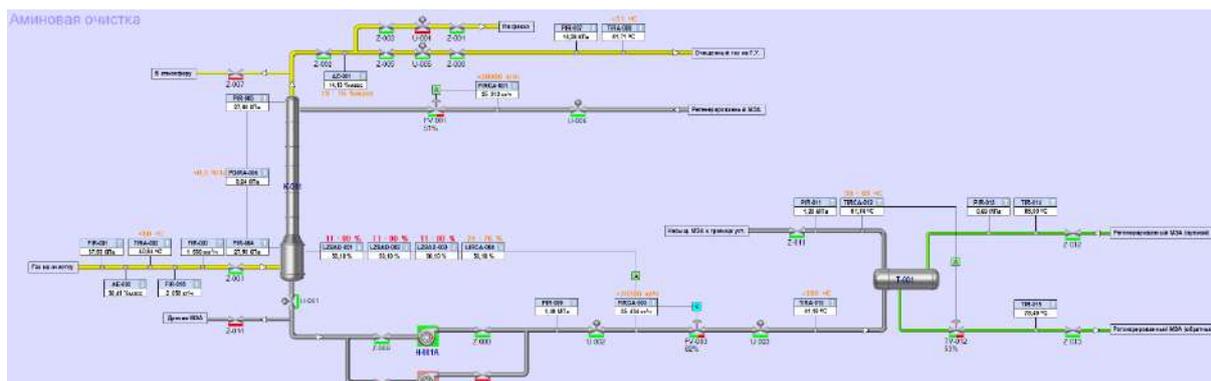


Рисунок 1. Установка аминовой очистки кислого газа в среде РТСИМ.Карьера.

4. Полученные результаты

Для изучения влияния расхода МЭА на содержание сероводорода к границе установки, в РТСИМ.Карьера было смоделировано две ситуации: увеличение расхода МЭА до 32т/ч и уменьшение расхода абсорбента до 21т/ч (рисунок, 2,3).

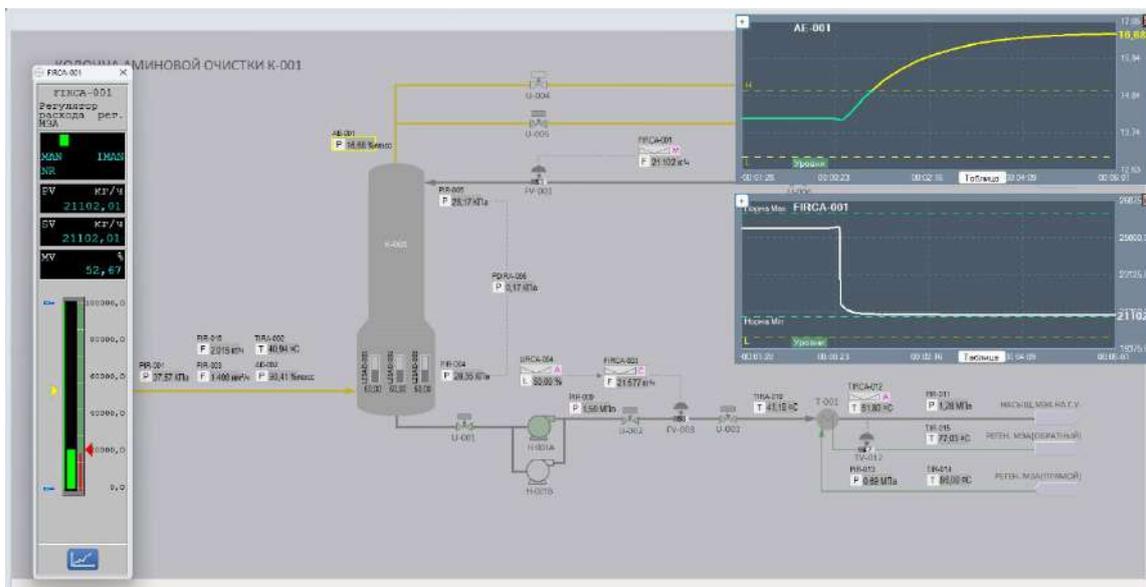


Рисунок 2. Влияние уменьшения расхода МЭА на содержание сероводорода в отходящем газе.

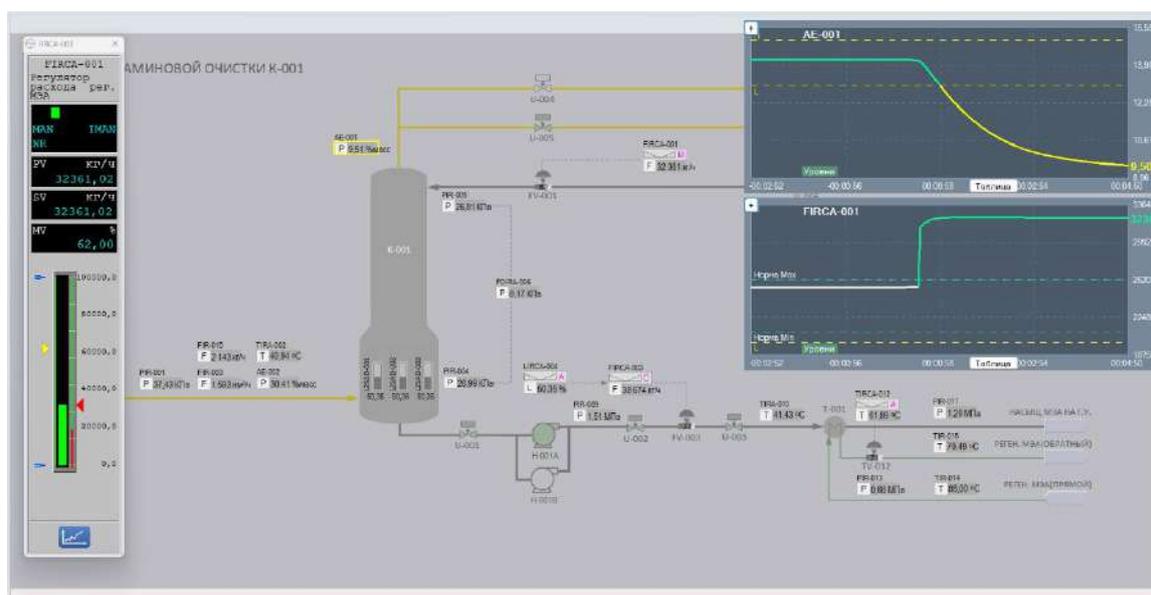


Рисунок 3. Влияние увеличения расхода МЭА на содержание сероводорода в отходящем газе.

5. Выводы

Цифровая модель установки аминовой очистки позволяет без вреда окружающей среде изучить данный технологический процесс. Изменяя подачу абсорбера, установили закономерности изменения содержания кислых газов. Увеличение расхода абсорбента приводит к снижению содержания сероводорода в отходящем газе, но максимальное

увеличение расхода МЭА приводит к захлебыванию колонны и срабатыванию паз. Уменьшение расхода абсорбента, как и должно быть - приводит к увеличению содержания сероводорода в отходящем газе. Исходя из вышесказанного рекомендуется использовать режим, в котором подается 25 т/ч МЭА и при этом процентное содержание сероводорода на выходе составляет 14%.

Список литературы

1. Шафиков Р.Р. Моделирование гидродинамических процессов, протекающих внутри сепарационного оборудования, применяемых на газоконденсатных месторождениях / Р.Р. Шафиков, М.М. Фарахов, Э.В. Гарифуллина, В.В. Бронская, В.А. Алексеев // Вестник Технологического университета. – 2023. – Т. 26. – № 12. – С.124-128.
2. Габдрахманов Р.Р. Цифровые тренажеры технологических процессов РТСИМ.Карьера для обеспечения безопасности в нефтехимическом комплексе / Р.Р. Габдрахманов, Э.В. Гарифуллина, В.В. Бронская, А.И. Черевина, Э.И. Мустеева // В сборнике: Наука, технологии, общество: Экологический инжиниринг в интересах устойчивого развития территорий. Сборник научных статей. Красноярск, 2023. – С. 131-135.
3. Шафиков Р.Р. Сравнение гидравлических характеристик прямоточно-центробежных элементов сепараторов газоконденсатных месторождений / Р.Р. Шафиков, Л.Н. Шагаев, Э.В. Гарифуллина, В.В. Бронская // Вестник технологического университета. – 2024. – Т. 27. – № 8. – С. 104-108.
4. Федотов Р.А. Модифицированный алгоритм планирования процессов / Р.А. Федотов, В.В. Бронская, Д.С. Бальзамов, Т.В. Игнашина, Э.В. Гарифуллина, К.Х. Гарипов, А.В. Шипин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2024. – № 7. – С. 203-205.
5. Галимуллин Р.Г. Экспериментальное исследование физической абсорбции газов с различной растворимостью / Р.Г. Галимуллин, В.В. Бронская, Т.В. Игнашина, Э.В. Гарифуллина, М.И. Кондратьева, О.С Харитоновна // Вестник Технологического университета. – 2023. – Т. 26. – № 8. – С. 14-19.
6. Галимуллин Р.Г. Кинетика абсорбции малых концентраций газов из газоздушных смесей / Р.Г. Галимуллин, Э.В. Гарифуллина, В.В. Бронская, Т.В. Игнашина // Вестник Технологического университета. – 2023. – Т. 26. – № 1. – С. 11-17.

УДК 66.095.21

<https://www.doi.org/10.47813/nto.5.2024.1008>

EDN [YSUJTG](#)

Моделирование установки низкотемпературной изомеризации в среде Aspen Hysys и анализ работы модели

Д.С. Гайфуллин, Э.В. Гарифуллина, Н.Ю. Башкирцева

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
пр. Карла Маркса, 68, Казань, Респ. Татарстан, 420015, Россия

*E-mail: GarifullinaEV@fnnh.ru

Аннотация. В статье предлагается схема моделирования процесса низкотемпературной каталитической изомеризации. В настоящее время изомеризация легких бензиновых фракций является одним из необходимых процессов для получения высококачественного бензина. Это связано с введением новых экологических норм, накладывающих ограничения на содержание ароматических соединений. Сырьем для его производства является фракция н.к.-75 °С, состоящая из нормальных парафинов с низким октановым числом. В ходе моделирования описана технологическая схема процесса, получен материальный баланс установки. Данная модель позволяет оценить технологию данного процесса, в связи с чем уменьшается вероятность несчастных случаев на производстве и вероятность ошибок во время ведения технологического процесса.

Ключевые слова: Aspen Hysys, изомеризация, цифровое моделирование, октановое число.

Simulation of a low-temperature isomerization plant in an Aspen Hysys environment and analysis of the model operation

D.S. Gaifullin, E.V. Garifullina, N.Yu. Bashkirtseva

Kazan National Research Technological University, 68 Karl Marx Ave., Kazan, Rep. Tatarstan, 420015, Russia.

*E-mail GarifullinaEV@fnnh.ru

Abstract. The article proposes a scheme for modeling the process of low-temperature catalytic isomerization. Currently, isomerization of light gasoline fractions is one of the necessary processes for obtaining high-quality gasoline. This is due to the introduction of new environmental regulations that impose restrictions on the content of aromatic compounds. The raw material for its production is a fraction of n.k.-75 °C, consisting of normal paraffins with a low octane number. During the simulation, the technological scheme of the process is described, the material balance of the installation is obtained. This model allows you to evaluate the technology of this process, which reduces the likelihood of accidents at work and the likelihood of errors during the technological process.

Keywords: Aspen Hysys, isomerization, digital modeling, octane number.

1. Введение

В настоящее время одним из актуальных процессов получения высокооктановых компонентов бензинов является - изомеризация легких бензиновых фракций. Это связано с введением новых экологических норм, накладывающих ограничения на содержание ароматических соединений. На установке изомеризации получают стабильный изомеризат, насыщенный разветвленными углеводородами, который является высокооктановым компонентом бензинов, содержащая малый процент ареновых соединений и обладает рядом ценных свойств для получения автомобильных бензинов. Сырьем для его производства является фракция легкой нефти с интервалом кипения н.к.-75°C, состоящая в основном из нормальных парафинов с низким октановым числом [1-2].

Для решения задач оптимизации технологических процессов, снижения затрат и прогнозирования свойств получаемых продуктов, применяют методы моделирования [3-5].

2. Постановка задачи

Для модернизации процесса и получения быстрого отклика на возможные изменения в технологической схеме, предлагается построить динамическую модель установки низкотемпературной каталитической изомеризации пентан-гексановой фракции в программном пакете Aspen Hysys.

2.1. Описание технологической схемы

Схема процесса состоит из блока предварительного смешения сырья (MIX-100), где в один поток смешиваются фракция н.к.-75°C, гексановый рециркулят и водородсодержащий газ. Далее смесь подогревается в теплообменнике за счет пара среднего давления (E-100) и подается в два последовательно стоящих реактора изомеризации R-601 и R-602, где происходят целевые реакции. Отметим, что реакции изомеризации сами по себе слабо экзотермические, но для протекания целевых реакции все равно необходимо поддерживать низкие температуры и высокие давления. С этой целью после первого реактора располагается теплообменник, снимающий избыточное тепло.

После реакторного блока газопродуктовая смесь поступает в колонну стабилизации T-100, где разделяется на газ, в составе которого C1-C4, и стабильный

изомеризат. Жидкая часть поступает в колонну деизогексанизатор (ДИГ), где стабильный изомеризат делится на три ключевых потока: легкий изомеризат, тяжелый изомеризат и рецикл, насыщенный н-гексаном. Гексан возвращается в процесс, так как он имеет низкое октановое число. Легкий и тяжелый изомеризат отправляется в товарный парк на смешение с другими компонентами бензина.

3. Методы и материалы исследования

Исходными данными для построения модели являлись: состав газовой смеси, поступающей на установку, температура, давление и массовый расход [6-7]. В процессе моделирования использовался программный пакет Peng-Robinson. Технологическая схема смоделированного процесса представлена на рисунке 1.

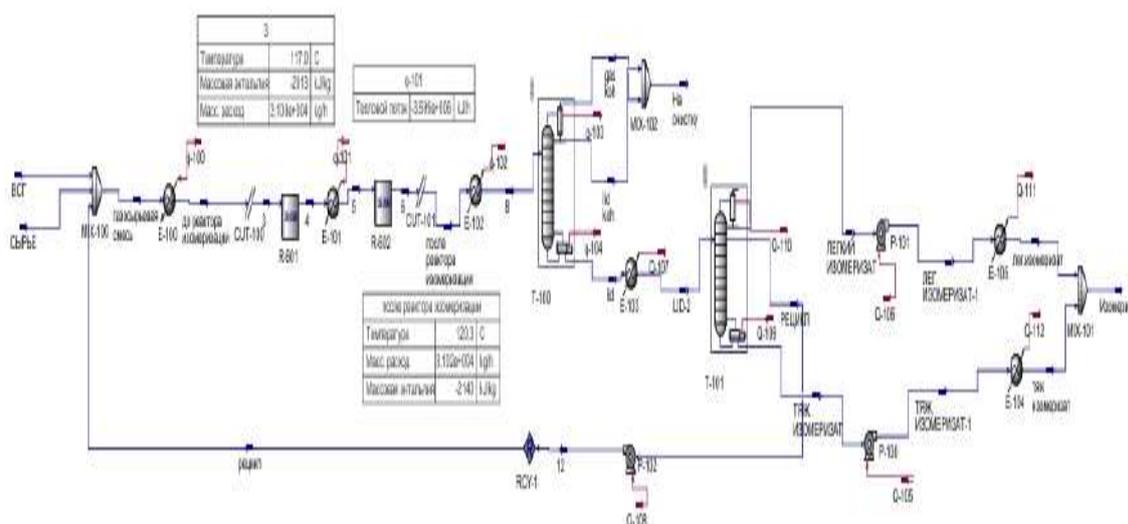


Рисунок 1. Технологическая схема процесса низкотемпературной каталитической изомеризации пентан-гексановой фракции.

4. Полученные результаты

Рассмотрим эффективность работы данной модели с помощью сравнения сырьевого потока до и после реакторного блока, чтобы убедиться в правильности составления технологической схемы. Состав сырья и продукта представлен в таблице 1.

Таблица 1. Состав сырья и продуктов блока каталитической изомеризации

Компоненты	Газосырьевая смесь		Газопродуктовая смесь	
	кг/ч	% масс.	кг/ч	% масс.
Водород	270,76	0,87	136,5	0,45
Метан	160,6	0,52	201,22	0,67
Этан	143,19	0,46	267,07	0,89
Пропан	113,38	0,37	1585,89	5,28
Изобутан	100,34	0,32	4200,94	14
Н-бутан	174,13	0,56	1509,13	5,03
Изопентан	203,68	0,66	4498,47	14,99
Н-пентан	6800,58	21,94	2510,78	8,37
2-метилпентан	5459,42	17,61	2631,76	8,77
2,3-диметилбутан	1682,85	5,43	1595,38	5,32
3-метилпентан	4205,17	13,56	2263,95	7,54
2,2-диметилбутан	1777,19	5,73	3610,99	12,03
Циклопентан	516,8	1,67	515,72	1,72
Метилциклопентан	1287,08	4,15	1150,7	3,83
Циклогексан	724,17	2,34	1151,25	3,84
Бензол	363,8	1,17	0,14	0
2,2-диметилпентан	30,18	0,1	29	0,1
2,4-диметилпентан	60,22	0,19	60	0,19
Н-гексан	6929,31	22,35	2105,09	6,79
Итого	31002,82	100	31002,82	100

Благодаря моделированию были получены данные о содержании компонентов после реакторного блока. Как мы можем заметить после реактора изомеризации произошел большой прирост разветвленных углеводородов, что говорит о верности проведения данного процесса. Модель сама просчитывает математические преобразования исходя из заданных параметров. В будущем, изменяя параметры входных потоков или любой другой технологический параметр, возможно будет оценивать изменение других

характеристик и влияние их на работу установки, а также на качество получаемой продукции.

5. Выводы

Таким образом, получена модель, адекватно описывающая процесс каталитической изомеризации пентан-гексановой фракций, может быть использована для анализа работоспособности промышленных технологических схем. Данную модель можно использовать на реальных установках нефтегазового кластера для контроля технологических параметров, для предсказания их изменений при другом сырье или использовании другого катализатора для проведения процесса.

Список литературы

1. Ахметов С.А. Лекции по технологии глубокой переработки нефти в моторные топлива: Учебное пособие / С.А. Ахметов. – СПб Недра, 2007. – 312 с.
2. Полтырихин Е.В. Автобензины класса ЕВРО-5. Новые российские конкурентоспособные технологии производства / Е.В., Полтырихин, Д.В. Врублевский // Neftegaz.ru., 2020. – URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/pererabotka/631240-avtobenziny-klassa-evro-5-novye-rossiyskie-konkurentosposobnye-tekhnologii-proizvodstva/>.
3. Шафиков Р.Р. Моделирование гидродинамических процессов, протекающих внутри сепарационного оборудования, применяемых на газоконденсатных месторождениях / Шафиков Р.Р., Фарахов М.М., Гарифуллина Э.В., Бронская В.В., Алексеев В.А. // Вестник Технологического университета. –2023. – Т. 26. – № 12. – С.124-128.
4. Харитонов О.С. Применение искусственных нейронных сетей в нефтегазовой отрасли / Харитонов О.С., Бронская В.В., Бальзамов Д.С., Костромин Р.Н., Игнашина Т.В., Гарифуллина Э.В. // В книге: Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы - 2022 (МНТК "ИМТОМ-2022"). Материалы XI Международной научно-технической конференции. – Казань, – 2022. – С. 306-310.
5. Сравнение гидравлических характеристик прямоточно-центробежных элементов сепараторов газоконденсатных месторождений / Шафиков Р.Р., Шагаев Л.Н., Гарифуллина Э.В., Бронская В.В. // Вестник технологического университета. – 2024, – Т. 27. –№ 8. – С.104-108.

6. Королева А.Н. Моделирование процесса изомеризации легких бензиновых фракций в программном пакете Aspen Hysys и анализ полученных результатов / А.Н. Королева, В.А. Бахман, Е.Л. Царегородцев // Международный научно-исследовательский журнал. – № 7 (133).
7. Ахметов С.А. Тенденции развития процесса изомеризации в России и за рубежом / С.А. Ахметов, Е.А. Ясакова, А.В. Ситдикова // Нефтегазовое дело. – 2010.

УДК 620.179.16

EDN [HNMQBD](#)

Анализ изменений метрологических характеристик кантилеверов АСМ в ходе их эксплуатации

С.Е. Стариков, К.А. Шахтин, Д.И. Кузнецов*

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ, ул. К. Маркса, 10, Казань, 420111, Россия

*E-mail: DIKuznetsov@gmail.com

Аннотация. Представлено исследование роли микроскопии в научных исследованиях, особое внимание уделено сканирующим зондовым микроскопам (СЗМ). Рассмотрены принципы работы СЗМ, с акцентом на конструкцию и функциональность кантилевера, который является ключевым элементом этих устройств. Обсуждены последние достижения в разработке новых материалов и технологий для улучшения характеристик кантилеверов, таких как повышение чувствительности, долговечности и стабильности. Проанализировано взаимодействие силы и отклонения кантилевера, описываемое с использованием закона Гука и тензора обратной жесткости, что позволяет более точно интерпретировать данные, получаемые с помощью СЗМ. Рассмотрены применения СЗМ в биологии, медицине, материаловедении и экологии, демонстрирующие широкий спектр возможностей этого инструмента для изучения структуры и свойств материалов на наноуровне. В биологии СЗМ используются для изучения клеточных структур и молекулярных взаимодействий, в медицине — для диагностики заболеваний на ранней стадии, в материаловедении — для исследования свойств наноматериалов, а в экологии — для изучения микроскопических организмов и загрязнений окружающей среды. Основные выводы работы подчеркивают важность развития технологий СЗМ для расширения возможностей исследования наноуровня и его практического применения в различных областях науки и техники. В частности, улучшение характеристик кантилеверов и развитие новых методов анализа данных открывают новые горизонты для исследований в области нанотехнологий и нанобиологии.

Ключевые слова: Кантилевер АСМ, микроскоп, деформация, зонд.

Analysis of changes in the metrological characteristics of AFM cantilevers during their operation

S.E. Starikov, K.A. Shakhtin, D.I. Kuznetsov*

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, K. Marksa str., 10, Kazan, 420111, Russia

*E-mail: DIKuznetsov@gmail.com

Abstract. The paper presents an investigation of the role of microscopy in scientific research, with a special focus on scanning probe microscopes (SPM). The operating principles of SPM are considered, with an emphasis on the design and functionality of the cantilever, which is a key element of these devices. Recent advances in the development of new materials and technologies for improving the characteristics of cantilevers, such as increasing sensitivity, durability and stability, are discussed. The interaction of the cantilever force and deflection, described using Hooke's law and the inverse stiffness tensor, is analyzed, which allows for a more accurate interpretation of the data obtained with SPM. SPM applications in biology, medicine, materials science and ecology are considered, demonstrating a wide range of capabilities of this tool for studying the structure and properties of materials at the nanoscale. In biology, SPMs are used to study cellular structures and molecular interactions, in medicine - for early diagnosis of diseases, in materials science - to study the properties of nanomaterials, and in ecology - to study microscopic organisms and environmental pollutants. The main conclusions of the work emphasize the importance of the development of SPM technologies for expanding the possibilities of nanoscale research and its practical application in various fields of science and technology. In particular, the improvement of cantilever characteristics and the development of new data analysis methods open up new horizons for research in the field of nanotechnology and nanobiology.

Keywords: Cantilever ASM, microscope, deformation, probe.

1. Введение

Микроскоп — это не просто оптический инструмент, а настоящий мост, соединяющий мир видимый и невидимый, макро- и наноуровни. Благодаря его возможностям, исследователи могут наблюдать объекты, недоступные для обычного зрения, путем увеличения их изображения в сотни, тысячи и даже миллионы раз. Это не только расширяет горизонты наблюдения, но и открывает новые пути для научных открытий, позволяя изучать структуры и процессы на наноуровне.

Сканирующие зондовые микроскопы (СЗМ) представляют собой революционный инструмент в области нанотехнологий. Они используют кантилевер — основной измерительный элемент, от качества которого напрямую зависит точность и результативность работы микроскопа [1]. Кантилевер — это не просто деталь, а настоящий ключ к пониманию наномира. Его свойства и конструкция критически важны для получения четких и детализированных изображений на уровне нанометров.

2. Цель исследования

Целью данного исследования является комплексное изучение роли сканирующих зондовых микроскопов (СЗМ) в научных исследованиях, с акцентом на метрологические характеристики и функциональность кантилеверов. Результаты исследования направлены на расширение знаний о метрологических характеристиках кантилеверов СЗМ, разработку новых технологий и методов для повышения их эффективности, а также на практическое применение СЗМ в различных областях науки и техники.

2.1. Анализ конструкции и свойств кантилеверов

Изучение различных конструкций кантилеверов, включая инновационные двухбаллонные системы, и их влияние на точность и чувствительность СЗМ.

2.2. Исследование взаимодействия сил и отклонений кантилевера

Применение закона Гука и тензора обратной жесткости для анализа взаимодействия сил, действующих на кантилевер, и его отклонений в различных направлениях.

2.3. Оценка влияния материалов и технологий на характеристики кантилеверов

Исследование последних достижений в разработке новых материалов (например, нанокompозитных) и технологий для улучшения метрологических характеристик кантилеверов.

2.4. Применение СЗМ в различных областях

Анализ практического применения СЗМ в биологии, медицине, материаловедении и экологии, демонстрирующий широкий спектр возможностей этого инструмента для изучения структур и процессов на наноуровне.

2.5. Развитие методов анализа данных и обработки изображений

Исследование новых алгоритмов и методов анализа данных, получаемых с помощью СЗМ, для повышения точности и глубины понимания изучаемых наноструктур и динамических процессов.

2.5. Оценка износа и долговечности кантилеверов

Анализ факторов, влияющих на износ и долговечность кантилеверов, и разработка методов их оценки и продления срока службы.

3. Методы и материалы исследования

Обычно кантилевер представляет собой балку в виде прямоугольного параллелепипеда с длиной l , толщиной t (где t значительно меньше l) и шириной ω (где ω также значительно меньше l). Однако, в последние годы ученые разрабатывают новые конструкции кантилеверов, такие как двухбаллонные системы, соединенные под определенным углом, с зондом (острием) длиной l_{tip} на одном из его концов [2]. Эти инновационные конструкции позволяют достичь еще более высокой точности и чувствительности.

Сила, действующая на зонд, часто имеет не только вертикальную составляющую, но и компоненты, лежащие в горизонтальной плоскости. Поэтому острие кантилевера может отклоняться не только вдоль оси Oz , но и в двух других направлениях: Ox и Oy . Вертикальную составляющую F_z будем называть **нормальной силой**, а поперечную F_x и продольную F_y — **латеральными силами**.

4. Полученные результаты

В атомно-силовом микроскопе (АСМ) сила воздействия образца на кантилевер определяется по его деформации. Для определения силы необходимо знать жесткость кантилевера в различных направлениях. Согласно **закону Гука** (1), вектор отклонения острия кантилевера Δ (с компонентами Δx , Δy , Δz) линейно связан с приложенной к зонду силой F :

$$\Delta = C^{-1}F \quad (1)$$

"Коэффициентом" пропорциональности служит тензор второго ранга C , который мы назовем **тензором обратной жесткости**. Эта величина содержит всю информацию об упругих свойствах кантилевера.

Оптическая система регистрирует не отклонение острия кантилевера, а наклон верхней поверхности кантилевера вблизи его свободного конца. Непосредственно измеряются два угла: отклонение нормали от вертикали в плоскости Oyz (угол α) и в ортогональном направлении — плоскости Oxz (угол β). Эти измерения позволяют не только определить силу, но и оценить степень износа острия зонда.

5. Выводы

В последние годы ученые разрабатывают новые методы и технологии для улучшения характеристик СЗМ. Например, использование нанокompозитных материалов для изготовления кантилеверов позволяет достичь еще более высокой чувствительности и стабильности. Кроме того, новые алгоритмы обработки данных и анализа изображений открывают новые возможности для изучения сложных наноструктур и динамических процессов.

Микроскопия играет ключевую роль в биологии и медицине. С помощью СЗМ можно изучать структуру и функции биологических молекул, клеток и тканей на наноуровне. Например, исследования ДНК, белков и клеточных мембран становятся более глубокими и детализированными благодаря возможностям СЗМ. Это открывает новые пути для разработки лекарств и методов лечения заболеваний.

В области материаловедения и нанотехнологий микроскопия позволяет изучать свойства и поведение материалов на наноуровне. Например, исследование поверхностных свойств и структуры наноматериалов может привести к разработке

новых материалов с уникальными свойствами, таких как сверхпроводники, нанокompозиты и нанопористые материалы.

Микроскопия также находит применение в экологических исследованиях. С помощью СЗМ можно изучать микро- и наночастицы в окружающей среде, что важно для понимания их воздействия на экосистемы и здоровье человека. Например, исследования загрязнения воздуха и воды на наноуровне могут помочь разработать более эффективные методы очистки и защиты окружающей среды.

Микроскоп не только расширяет наши представления о мире, но и открывает новые горизонты для научных исследований и технологических инноваций. Благодаря непрерывному развитию технологий и методов, микроскопы становятся все более мощными инструментами, способными решать сложные научные задачи и открывать новые возможности в различных областях, от биологии до материаловедения и экологии.

Благодарности

Выражаем искреннюю благодарность к.ф.-м.н., доценту Михееву Игорю Дмитриевичу за ценные советы, методическую поддержку и неоценимый вклад в проведение данного исследования. Его глубокие знания в области нанотехнологий и микроскопии, а также профессиональный опыт значительно помогли в достижении поставленных целей и получении значимых результатов.

Список литературы

1. АСМ зонды / TipsNano. <https://tipsnano.ru/catalog/afm-standard/> (дата обращения: 23.09.2024)
2. Handbook of Micro/Nanotribology / Ed. by Bhushan Bharat. - 2d ed. - Boca Raton etc.: CRC press, 1999. – 859 с.

УДК 621-039-542
<https://www.doi.org/10.47813/nto.5.2024.1010>

EDN [AEXNLZ](#)

Особенности автоматизации управления процессом сушки флотоконцентрата в барабанной сушильной печи

Н.Т. Кулмуродова¹, И.В. Ковалев^{1,2,3*}, З.С. Кулмуродов⁴, Ё.Б. Кадилов¹

¹Навоийский государственный горно-технологический университет, Навои, Узбекистан

²Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

³Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

⁴Навоийский горно-металлургический комбинат, Навои, Узбекистан

*E-mail: kovalev.fsu@mail.ru

Аннотация. Рассмотрение особенностей автоматизации управления процессом сушки флотоконцентрата в барабанной сушильной печи актуально в связи с тем, что в настоящее время при переработке полезных ископаемых обезвоживание и сушка являются критически важными аспектами с технической и экономической точек зрения. Автоматизация такого типа технологических процессов направлена, в первую очередь, на обеспечение оптимального удаления воды (влаги) с минимальным потреблением энергии. В данной статье методы и материалы базируются на выполненной разработке рабочего проекта по строительству опытно-промышленной установки фильтрации, сушки и обжига продукта на горнометаллургическом заводе. Отметим, что в составе рассматриваемой системы используются современные технологии и высокопроизводительное оборудование, которое полностью соответствует всем необходимым функциональным требованиям. В частности, для сбора и обработки информации и передачи её через управляемый коммутатор EDS-518A-SS-SC-T в систему АСОДУ завода используется контроллер фирмы Siemens SIMATIC S7-300 CPU 315-2 PN/DP. Даны характеристики контроллеров, модулей и интерфейсов системы, а также отмечается возможность резервирования в интерфейсных компонентах системы, что обеспечивает повышение надежности ее функционирования и минимизацию потенциальных потерь данных или сигналов управления и обратной связи.

Ключевые слова: автоматизация, управление, флотоконцентрат, технологический процесс, барабанная сушильная печь, опытно-промышленная установка, горнометаллургический завод.

Specifics of automation and control of the process of drying flotation concentrate in a drum drying furnace

N.T. Kulmurodova¹, I.V. Kovalev^{1,2,3*}, Z.S. Kulmurodov⁴, Y.B. Kadirov¹

¹Navoi State University of Mining and Technologies, Navoi, Uzbekistan

²Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

³Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

⁴Navoi Mining Metallurgical Combine, Navoi, Uzbekistan

*E-mail: kovalev.fsu@mail.ru

Abstract. Consideration of the features of automation of control of the process of drying of flotation concentrate in a drum drying furnace is relevant in connection with the fact that at present, when processing minerals, dewatering and drying are critically important aspects from the technical and economic points of view. Automation of this type of technological processes is aimed, first of all, at ensuring optimal removal of water (moisture) with minimal energy consumption. In this article, the methods and materials are based on the completed development of a working project for the construction of a pilot plant for filtration, drying and roasting of the product at a mining and metallurgical plant. It should be noted that the system under consideration uses modern technologies and high-performance equipment that fully meets all the necessary functional requirements. In particular, the Siemens SIMATIC S7-300 CPU 315-2 PN/DP controller is used to collect and process information and transmit it through the EDS-518A-SS-SC-T controlled switch to the plant's ASODU system. The characteristics of the controllers, modules and interfaces of the system are given, and the possibility of redundancy in the interface components of the system is noted, which ensures increased reliability of its operation and minimization of potential losses of data or control and feedback signals.

Keywords: automation, control, flotation concentrate, technological process, drum drying furnace, pilot plant, mining and metallurgical plant.

1. Введение

В настоящее время при переработке полезных ископаемых обезвоживание и сушка являются критически важными аспектами с технической и экономической точек зрения [1]. Автоматизация и управление этими операциями направлены на обеспечение оптимального удаления воды/влаги с минимальным потреблением энергии [2]. Эффективность автоматизации во многом зависит от используемых технологий обезвоживания и сушки сырья, поэтому ряд авторов исследовал как операции технологических процессов (ТП), так и характеристики используемого сырья и оборудования [3-5]. Следует отметить, что существующие установки для обезвоживания и сушки, как правило, проектировались эмпирически на основе традиционных технологий и опыта реализации таких технологических процессов. Между тем, информация о последних разработках и прикладные аспекты и принципы эффективного и устойчивого проектирования установок для обезвоживания и сушки имеют широкий отраслевой разброс, что создает трудности для интегрированного использования новых знаний [6-8]. Таким образом, обсуждение особенностей автоматизации и управления процессом сушки флотоконцентрата в барабанной сушильной печи учитывает текущие и будущие исследовательские потребности и возможностей, которые обеспечиваются рассмотрением данных процессов с промышленной точки зрения [9, 10].

Процесс сушки флотоконцентрата в барабанной сушильной печи и особенности его автоматизации рассматриваются в контексте повышения качества флотоконцентрата без потерь в извлечении ценного компонента из золотосодержащих руд [11]. В работе [12] представлена принципиальная технологическая схема переработки золотосодержащих руд флотационным способом, на которой указаны точки подачи реагентов по технологическим операциям. В работе [3] представлена технология сушки флотационного концентрата цинка и свинца, медного шлама и промытого каолина. Авторами отмечаются относительно лучшие тепловые характеристики с более высокой тепловой эффективностью около 30-60%. В работе [13] при автоматизации ТП использовался принцип самовосстанавливающегося управления на основе данных для решения проблемы нестабильности процесса флотации, которая приводит к колебаниям расхода процесса сгущения-обезвоживания подаваемого сырья. Было обнаружено, что предлагаемое управление способно обеспечить безопасное рабочее состояние оборудования, оптимизируя потребление энергии и обеспечивая требуемый комфорт

оператора. Помимо управления, проектирование контуров обезвоживания (комбинация системы обезвоживания на заводе) также имеет решающее значение для определения общей производительности системы [14].

2. Материалы и методы

Методы и материалы базируются на выполненной разработке рабочего проекта по строительству опытно-промышленной установки (ОПУ) фильтрации, сушки и обжига продукта на горнометаллургическом заводе (ГМЗ). Данный рабочий проект выполнен в соответствии с ГОСТ 21.208-2013 и КМК 3.05.07-97.

Для сбора и обработки информации и передачи её через управляемый коммутатор EDS-518A-SS-SC-T в систему АСОДУ завода используется контроллер фирмы Siemens SIMATIC S7-300 CPU 315-2 PN/DP. Для связи предусмотрен коммуникационный процессор CP1, который также используется для визуализации на панели оператора.

Также в составе контроллера имеется комплект модулей для приёма и передачи аналоговых и дискретных сигналов:

- AI для контроля входных аналоговых параметров технологического процесса;
- DI для контроля дискретных сигналов состояния оборудования;
- AO, DO для управления технологическим оборудованием.

Для защиты системы по питанию для шкафа управления и контроля используются блоки бесперебойного питания (UPS) и блоки питания (UZ).

Для создания человеко-машинного интерфейса используется программный пакет SIMATIC WinCC Professional установленный на АРМах оператора.

Используемые контроллеры программируются в среде разработки TIAPortal, позволяющей проводить конфигурацию модулей в составе контроллера и интерфейсного модуля, разработку программного обеспечения для контроллера, разработку системы визуализации технологического процесса для оператора.

Таким образом, в составе рассматриваемой системы используются современные технологии, высокопроизводительное оборудование, которое полностью соответствует всем необходимым функциональным требованиям [15].

3. Результаты и обсуждение

Результаты разработки системы автоматизации и обсуждение особенностей автоматизации и управления процессом сушки флотоконцентрата в барабанной

сушильной печи учитывает, как отмечалось выше, текущие и будущие исследовательские потребности и возможности, которые обеспечиваются рассмотрением данных процессов с промышленной точки зрения при задействовании в системе АСУ ТП оборудования SIMATIC S7-300, а также компактного CPU 6ES7315-2EN14-0AB0 [16-18].

Как отмечают разработчики «Промэнерго Автоматика» (<https://www.siemens-pro.ru/>), данное устройство относится к новому семейству микроконтроллеров Siemens для решения самых разных задач автоматизации малого уровня. Эти контроллеры имеют модульную конструкцию и универсальное назначение. Они способны работать в реальном масштабе времени, могут использоваться для построения относительно простых узлов локальной автоматизации или узлов комплексных систем автоматического управления, поддерживающих интенсивный коммуникационный обмен данными через сети Industrial Ethernet/PROFINET, а также PtP (Point-to-Point) соединения [19].

Программируемые контроллеры (ПК) S7-300 имеют компактные пластиковые корпуса со степенью защиты IP20, могут монтироваться на стандартную 35 мм профильную шину DIN или на монтажную плату и работают в диапазоне температур от 0 до +50 °С. Они способны обслуживать от 10 до 284 дискретных и от 2 до 51 аналогового канала ввода-вывода. К центральному процессору (CPU) программируемого контроллера S7-300 могут быть подключены коммуникационные модули (CM); сигнальные модули (SM) и сигнальные платы (SB) ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов.

На основе анализа документации на компоненты производителя, в частности, компании «Промэнерго Автоматика» для ПК SIMATIC S7-300 в таблице 1 представлены выбранные варианты для модулей аналогового / дискретного ввода / вывода SM, которые используются в АСУ ТП ОПУ фильтрации, сушки и обжига продукта на горнометаллургическом заводе.

Рассмотрим особенности системы распределённого ввода-вывода SIMATIC ET 200M при ее применении в АСУ ТП. Отметим интерфейсный модуль с улучшенными характеристиками IM 153-2 HIGH FEATURE для ET 200M (максимально 12 модулей S7-300, поддержка резервирования, временные метки для изохронного режима), а также специальные функции:

- 12 модулей на станцию;

- активный SLAVE для выключателей и приводов;
- расширенные данные для вторичных переменных HART;
- работа с 64-х канальными модулями;
- расширенные метки времени с 32 сигналами на слот.

Таблица 1. Сигнальные модули (SM) и особенности их использования в АСУ ТП.

Модули ввода / вывода	Особенности использования в АСУ ТП
SM331 - модуль ввода аналоговых сигналов для ПК SIMATIC S7-300.	Быстрое время преобразований. Возможность подключения аналоговых датчиков без использования промежуточных усилителей. Высокий потенциал для решения сложных задач управления.
SM321 - модуль дискретного ввода для ПК SIMATIC S7-300.	Сигнальные модули для увеличения каналов ввода дискретных сигналов, обслуживаемых одним центральным процессором. Ориентирован на гибкую адаптацию контроллера к требованиям решаемой задачи. Высокий потенциал для последующего увеличения каналов ввода дискретных сигналов в действующих АСУ ТП.
SM322 - модуль дискретного вывода для ПК SIMATIC S7-300.	Сигнальные модули для увеличения количества дискретных выходов, обслуживаемых одним контроллером. Обеспечивает гибкую адаптацию контроллера к требованиям решаемой задачи. Предусматривает последующее расширение существующих систем автоматизации за счет дополнительного набор каналов вывода дискретных сигналов.

Поддержка резервирования в интерфейсных компонентах системы обеспечивает возможность повышения надежности ее функционирования и минимизирует потенциальные потери данных или сигналов управления и обратной связи. Особенности интерфейсного модуля для подключения станции ET 200M к сети PROFIBUS DP с электрическими (RS 485) каналами связи и выполнения функций стандартного ведомого устройства заключаются в следующем. Компоненты IM 153-2 могут быть использованы для подключения станций ET 200M к резервированным сетям PROFIBUS DP, что обеспечит построение систем распределенного ввода-вывода резервированных контроллеров SIMATIC S7-400H или SIMATIC S7-400FH. Также отметим поддержку

функций синхронизации и снабжения телеграмм отметками даты и времени и поддержку функций тактовой синхронизации.

4. Заключение

В заключение, касаясь рассмотренных в статье особенностей автоматизации управления процессом сушки флотоконцентрата в барабанной сушильной печи, отметим, что состав используемых аппаратно-программных средств АСУ ТП базируется на современных технологиях и высокопроизводительном оборудовании. Это полностью соответствует всем необходимым функциональным требованиям, предъявляемым к системе, и также обеспечивает полную поддержку требований концепции Totally Integrated Automation (ТИА). Отметим, что реализация данной концепции при автоматизации управления процессами позволит достичь целей, важных для всего жизненного цикла АСУ ТП, направленных как на повышение производительности, так и на снижение инженерных затрат при проектировании и эксплуатации.

В системе обеспечивается наглядная визуализация процесса с использованием полей ввода-вывода, графики, кривых, бар-графиков, текстовой информации и растровых изображений. При этом важным является наличие библиотек графических объектов, позволяющих упростить разработку проекта. Обеспечивается централизованное управление работой панелей для реализации алгоритмов энергосбережения на основе протокола PROFEnergy.

Для заказчика системы важными аспектами являются: низкие затраты на выполнение пуско-наладочных работ и обслуживание; сохранение/восстановление данных проекта через интерфейсы PROFINET, USB, MPI, PROFIBUS DP или с помощью SIMATIC HMI SD карты; дистанционная загрузка/считывание параметров конфигурации и операционной системы с автоматической идентификацией процесса; сохранение архивов и рецептов в формате CSV файлов, позволяющее использовать для их обработки стандартные компьютерные приложения.

Список литературы

1. Chaedir Benitta. Advances in dewatering and drying in mineral processing / Benitta Chaedir, Jundika Kurnia, A.P. Sasmito, Arun Mujumdar // *Drying Technology*. – 2021. – Vol. 39. – P. 1-18. <https://www.doi.org/10.1080/07373937.2021.1907754>

2. Пупкова Е. В. Анализ данных мониторинга электропотребления и выявление сверхпотребления электроэнергии на основе предлагаемого алгоритма / Е.В. Пупкова, А.С. Дулесов, Н.В. Дулесова // Современные инновации, системы и технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies. – 2024. – № 4(2). – P. 0280–0290. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2024-4-2-0280-0290>
3. Wu Z.H. Dewatering and Drying in Mineral Processing Industry: Potential for Innovation / Z.H. Wu, Y.J. Hu, D.J. Lee, A.S. Mujumdar, Z.Y. Li // Dry. Technol. – 2010. – Vol. 28(7). – P. 834-842. <https://www.doi.org/10.1080/07373937.2010.490485>
4. Сайфуллаев С. Эффективная и энергосберегающая технология переработки волокнистых отходов / С. Сайфуллаев, Ш. Хакимов, С. Фатуллаева // Современные инновации, системы и технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies. – 2021. – Vol. 1(4). – P. 40-46. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2021-1-4-40-46>
5. da Silva J.T.T. Hydrocyclone Applied in the Physical Processing of Phosphate Concentrate Containing Rare Earth Elements / J.T.T. da Silva, I.C. Bicalho, G.P. Ribeiro; C.H. Ataíde // Miner. Eng. – 2020. – Vol. 155. – P. 106402. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2020.106402>
6. Хуррамов Ш.П. Скорости фильтрации в области отжима материалов / Ш.П Хуррамов // Современные инновации, системы и технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies. – 2022. – № 2(4). – С. 0312-0323. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-4-0312-0323>
7. Zhang H. A Two-Step Coordinated Optimization Model for a Dewatering Process / H. Zhang, F. Wang, D. He, L. Zhao // Can. J. Chem. Eng. – 2021. – Vol. 99(3). – P. 742-754. <https://www.doi.org/10.1002/cjce.23886>.
8. Хуррамов Ш. Гидравлическое давление при валковом отжиме / Ш. Хуррамов, А. Салиев // Современные инновации, системы и технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies. – 2023. – № 3(1). – С 0301–0310. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2023-3-1-0301-0310>
9. Ковалев И. Обзор III Международной конференции MIST: Aerospace-III-2020: Передовые технологии в аэрокосмической отрасли, машиностроении и автоматизации / И. Ковалев, Н. Тестоедов, А. Ворошилова // Современные инновации, системы и технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies. – 2021. – № 1(1). – С. 1–9. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2021-1-1-1-9>

10. Ковалев И.В. Вычислительные комплексы обеспечения научных исследований / И.В. Ковалев, В.В. Лосев, А.О. Калинин // Современные инновации, системы и технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies. – 2023. – № 3(3). – С. 0225–0243. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2023-3-3-0225-0243>
11. Мырзалиев Б.М. Целесообразность флотационного обогащения руды месторождения Ширальджин / Б.М. Мырзалиев, К.А. Ногаева, М.С. Молмакова // Вестник ЮУрГУ. Серия: Metallurgy. – 2019. – №1. – С. 5-17.
12. Карчанова А.П. Направление повышения качества флотоконцентрата золотосодержащих руд на майском месторождении / А.П. Карчанова, И.И. Асанова, В.П. Мязин // Вестник ЗабГУ. – 2015. – № 10(125). – С. 4-12.
13. Jia R. Data-Driven-Based Self-Healing Control of Abnormal Feeding Conditions in Thickening–Dewatering Process / R. Jia, B. Zhang, D. He, Z. Mao, F. Chu // Miner. Eng. – 2020. – Vol. 146. – P. 106141. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2019.106141>
14. Ковалев Д.И. Обзор подходов и методов к оценке сравнительной эффективности технологических процессов и производств / Д.И. Ковалев, М. Козлова, О. Ольшевская, Т. Мансурова // Современные инновации, системы и технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies. – 2021. – № 1(3). – С. 1-21. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2021-1-3-1-21>
15. Туев Е.В. Реализация мониторинга эффективности предприятий с помощью специальной подсистемы АСУП / Е.В. Туев, М. Козлова, О. Ольшевская // Современные инновации, системы и технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies. – 2021. – № 1(2). – С. 34-45. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2021-1-2-34-45>
16. Реймген Ю.Э. Автоматизированные системы управления технологическими процессами / Ю.Э. Реймген // Scada система. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2014. – № 8. – С. 386-393.
17. Баранов И. Обзор и сравнительный анализ ВРМН-систем для роботизации бизнес-процессов / И. Баранов // Современные инновации, системы и технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies. – 2022. – № 2(3). – С. 0139-0149. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-3-0139-0149>

18. Mamo F.T. Legacy to Industry 4.0: A Profibus Sniffer / F.T. Mamo, A. Sikora, Ch. Rathfelder // Journal of Physics: Conf. Series. – 2017. – Vol. 870. – P. 012002. <https://www.doi.org/10.1088/1742-6596/870/1/012002>
19. Saranya J. A Study on point-to-point protocol in Data Communication and Networking / J. Saranya // International Journal of Computer Sciences and Engineering. – 2019. – Vol. 7. – P. 574-576. <https://www.doi.org/10.26438/ijcse/v7i1.574576>

УДК 621.391.63
<https://www.doi.org/10.47813/nto.5.2024.2001>

EDN [PDNBOE](#)

Перспективные направления развития телекоммуникационных сетей с применением подводных оптических линий связи в рамках контроля экологической обстановки морской водной среды

Ю.Г. Ксенофонов*

Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова, ул. Двинская, 5/7, Санкт-Петербург, 198035, Россия

*E-mail: ksenofontov.ura@mail.ru

Аннотация. Более 75% поверхности Земли покрыто водой в виде океанов. Океаны на данный момент далеко не полностью изучены, поэтому за счет происходящих феноменальных процессов в водной среде требует дальнейших серьезных исследований. Подводная беспроводная связь UWC играет значительную роль в наблюдении за морской флорой и фауной, загрязнением вод, стихийными бедствиями, разведке нефтяных и газовых буровых установок, военно-морских тактических операциях и контроле за изменениями в водной среде. В связи с этим повсеместное внедрение UWC стало жизненно важной сферой изучения, предусматривающей различные военные и коммерческие приложения. Для передачи данных под водой сегодня широко используются акустические, оптические и радиочастотные беспроводные технические средства. Так называемый Интернет подводных вещей IoUT и развитие сетей следующего поколения 5G оказывают большое влияние на постоянное совершенствование UWC, так как направлены на увеличение скорости передачи данных, сопряжение с другими информационными сетями и повышение энергоэффективности. В статье содержатся основные предложения и рекомендации по комплексному применению существующих технологий UWC, а также рекомендации по отдельным направлениям по созданию беспроводных сетей следующего поколения для контроля экологического состояния морской водной среды.

Ключевые слова: экологический мониторинг, режим реального времени, подводная оптическая беспроводная связь, поглощение, рассеяние скорость передачи данных.

Promising directions of telecommunication networks development using underwater optical communication lines as part of environmental monitoring of the marine aquatic environment

Yu.G. Ksenofontov*

Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, Dvinskaya 5/7, St. Petersburg 198035, Russia

*E-mail: ksenofontov.ura@mail.ru

Abstract. More than 75% of the Earth's surface is covered with water in the form of oceans. The oceans are far from fully understood at the moment, therefore, due to the phenomenal processes taking place in the aquatic environment, it requires further serious research. UWC's underwater wireless communications play a significant role in monitoring marine flora and fauna, water pollution, natural disasters, oil and gas rig exploration, naval tactical operations, and monitoring changes in the aquatic environment. In this regard, the widespread introduction of UWC has become a vital area of study, involving various military and commercial applications. Acoustic, optical and radio frequency wireless equipment are widely used for underwater data transmission today. The so-called IoUT Internet of Underwater Things and the development of next-generation 5G networks have a great impact on the continuous improvement of UWC, as they are aimed at increasing data transfer rates, interfacing with other information networks and improving energy efficiency. The article contains the main proposals and recommendations for the comprehensive application of existing UWC technologies, as well as recommendations for individual areas for creating next-generation wireless networks to monitor the ecological state of the marine environment.

Keywords: environmental monitoring, real-time mode, underwater optical wireless communication, absorption, scattering, data transfer rate.

1. Введение

В связи с растущим вниманием к изучению морских водных ресурсов, защите водных объектов от загрязнения сегодня формулируются достаточно высокие требования к мониторингу параметров качества воды. В настоящее время оборудование для мониторинга водной среды, представленное на рынке относительно дорогое, к тому же масштабируемость данной техники довольно низкая. Это приводит к тому, что традиционные методы точного анализа не подходят для крупномасштабных применений исследования качества воды. Собранная информация с подводных аппаратов, либо датчиков, как правило, передается на верхний уровень по проводам, при этом расстояние сильно ограничено, и, соответственно, пользоваться такими системами неудобно. Поэтому использование современных сетевых технологий для планирования мониторинга морской водной среды чрезвычайно важно и благоразумно [1, 2].

Осуществление экологического мониторинга морской водной среды в режиме реального времени для человека в условиях длительного времени становится весьма проблематичным. Беспроводная сеть датчиков предоставляет новую концепцию в этой области, которая не только имеет более низкую стоимость и энергопотребление, но и является более удобной для контроля управления доступом к данным о состоянии водной среды [3]. Это, по сути, революционное нововведение с точки зрения функциональности и стоимости технических средств. Результаты показывают, что эффект применения таких систем мониторинга соответствует современным требованиям.

UWC – самая сложная технология беспроводной связи с применением подводных телекоммуникаций. В последние годы это стало одной из основных областей исследования среди ученых многих стран. Данные технологии стало выгодно использовать при океанографическом анализе данных, наблюдая за загрязнением воды, а также осуществляя мониторинг окружающей среды, что способствует раннему предупреждению о природных бедствиях, такие как наводнения и цунами. Данные технологии могут параллельно использоваться и для оценки повышения или снижения уровня воды в океане [4].

2. Цель исследования

Учитывая ограничения акустических и радиочастотных технологий подводная оптическая беспроводная связь (UWOC) привлекает внимание как интересное решение, предлагающее несколько преимуществ, в том числе беспрецедентно высокую скорость передачи данных (от десятков-сотен Мбит/с до десятков Гбит/с) для относительно небольших расстояний (как правило, не превышающих 200 м) благодаря широкой доступной полосе пропускания. Кроме того, из-за высокой скорости распространения оптических волн под водой оптическая передача практически не страдает от задержки сигнала. Поэтому UWOC рассматривается как привлекательное альтернативное (или потенциальное дополнительное) решение относительно акустической связи. Поскольку вода относительно прозрачна для прохождения света и поглощение принимает минимальное значение, UWOC использует видимую полосу электромагнитного спектра. Оптимальный диапазон длин волн оптического сигнала в частотном спектре составляет 490÷530 нм [5]. Моделирование и получение характеристик подводного оптического канала передачи данных является ключевым шагом для создания эффективной и, в то же время, надежной архитектуры сети UWOC, что в итоге приведет к созданию гибридной радиочастотно-акустико-оптической информационной системы UWC, способной поддерживать функции Интернета подводных вещей IoUT с использованием сетей следующего поколения 5G.

3. Методы и материалы исследования

Коэффициент поглощения оптического сигнала в чистой воде можно представить как:

$$\alpha(\lambda) < K(\lambda) - \frac{b(\lambda)}{2}, \quad (1)$$

где K обозначает коэффициент диффузии, λ – длина волны, b – коэффициент рассеяния.

Потери энергии при поглощении и рассеянии могут быть представлены через коэффициент ослабления оптического сигнала:

$$I = I_0 e^{-c(\lambda)d}, \quad (2)$$

где I_0 и I – интенсивности света на выходе передатчика и входе приемника соответственно при расстоянии d между передатчиком и приемником. Численные

значения коэффициентов спектрального поглощения $a(\lambda)$ и рассеяния $b(\lambda)$ представлены в таблице 1 [6].

Таблица 1. Численные значения коэффициентов поглощения и рассеяния в различных водных средах.

Типы воды для UWOC	$a(\text{м}^{-1})$	$b(\text{м}^{-1})$	$c(\text{м}^{-1})$
Чистая морская вода	0,053	0,003	0,056
Чистая океанская вода	0,114	0,037	0,151
Прибрежная океанская вода	0,179	0,219	0,398
Мутная припортовая вода	0,366	1,829	2,195

Необходимо отметить, что мутная припортовая вода имеет неодинаковую и достаточно высокую концентрацию взвешенных частиц, что приводит к высоким показателям коэффициентов поглощения и рассеяния по сравнению с прибрежными водами океана из-за явлений столкновения оптического луча с взвешенными частицами (таблица 1).

Поглощение и рассеяние являются двумя важнейшими факторами, которые влияют на распространение оптических волн под водой. Понять, каким образом все это происходит, можно при помощи геометрической модели водного элемента, показанной на рисунке 1.

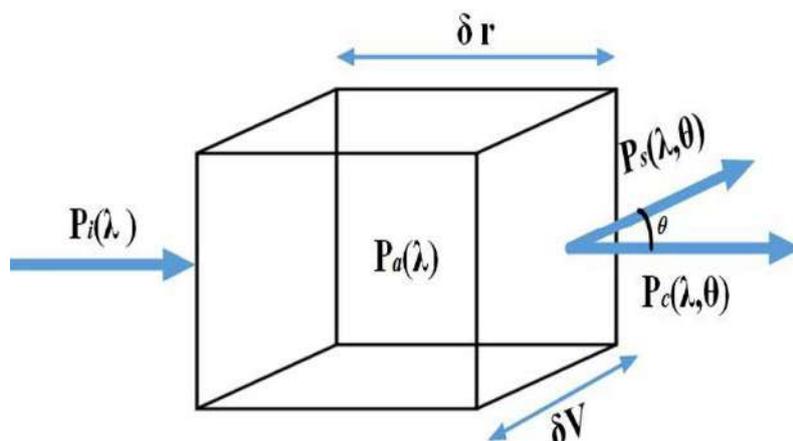


Рисунок 1. Процесс рассеяния и поглощения в подводном оптическом канале передачи данных.

Если входной луч света имеет силу P_i с длиной волны λ , малая доля падающего луча поглощается (P_a) водным элементом и образуется рассеянный луч, обозначаемый

P_s . Остальная незатронутая часть мощности входного луча P_c проходит через водный элемент, объем которого V и толщина r соответственно. Согласно закону сохранения энергии это может быть описано как:

$$P_i(\lambda) = P_a(\lambda) + P_s(\lambda) + P_c(\lambda), \quad (3)$$

Коэффициенты поглощения и рассеяния A и B определяются как отношение потребляемой мощности к мощности входного луча, и мощности рассеяния также к мощности входного луча соответственно:

$$A(\lambda) = \frac{P_a(\lambda)}{P_i(\lambda)}, \quad (4)$$

$$B(\lambda) = \frac{P_s(\lambda)}{P_i(\lambda)}, \quad (5)$$

где P_a, P_i – поглощенная и входная мощности;

P_s и P_c – мощность рассеяния и результирующая (выходная) мощность соответственно.

Коэффициент поглощения A и рассеяния B , а также r становятся бесконечно малыми, как описано в [6]:

$$a(\lambda) = \lim_{\delta(r) \rightarrow 0} \left[\frac{\delta A(\lambda)}{\delta(r)} \right] = \frac{dA(\lambda)}{dr}, \quad (6)$$

$$b(\lambda) = \lim_{\delta(r) \rightarrow 0} \left[\frac{\delta B(\lambda)}{\delta(r)} \right] = \frac{dB(\lambda)}{dr}, \quad (7)$$

Суммарное затухание коэффициента $c(\lambda)$ представлено формулой:

$$c(\lambda) = a(\lambda) + b(\lambda), \quad (8)$$

Таким образом, UWOC является ведущей технологией построения канала связи под водой, но имеет ограничения за счет рассеяния, дисперсии, отсутствия линии прямой связи (LOS), изменения температуры и по физико-химического состава воды.

4. Полученные результаты

Для реализации UWC сегодня используются три кастомизированных существующих доступных подхода для подводной беспроводной передачи сигнала.

Первая технология – электромагнитные волны (в форме радиочастот), которые обеспечивают функцию передачи данных с высокими скоростями в надводной части.

Вторая – передача оптического сигнала под водой для достижения высокой пропускной способности и скорости передачи данных.

Третья – это самая наиболее широко используемая технология – акустические волны, которые способны осуществлять связь на значительных расстояниях при использовании самого длинного диапазона волн. Основными недостатками акустической связи являются низкая пропускная способность и большое время задержки сигнала, что приводит к серьезным межсимвольным помехам (ISI) [7].

В вышеупомянутых технологиях наиболее важным моментом является рассмотрение вопроса о стоимости их реализации, а также использования высоких мощностей передающих устройств, которые могут оказать негативное влияние на окружающую среду.

При помощи гибридных информационных телекоммуникационных сетей UWC появляется возможность экологического мониторинга состояния, например, подводных нефте- и газопроводов. Пример такого применения UWOC представлен на рисунке 2.

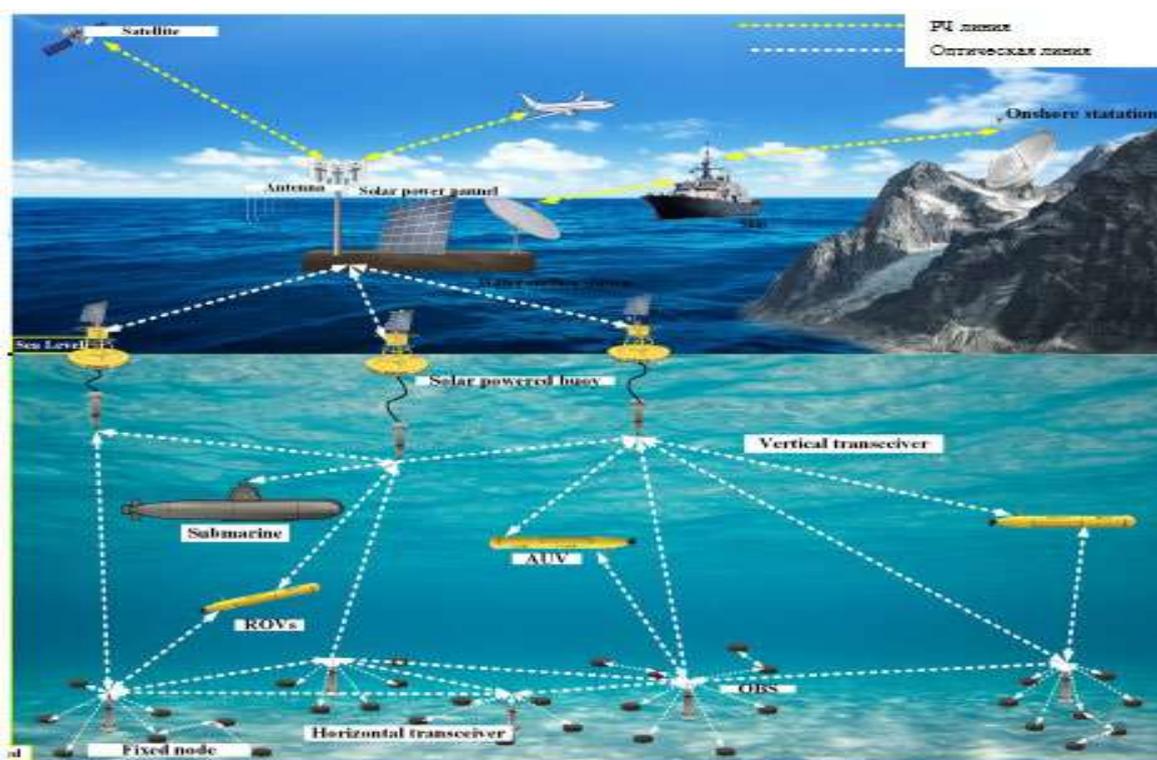


Рисунок 2. Пример гибридной радиочастотно-оптической подводной системы беспроводной передачи данных.

Предлагаемая система способна осуществлять опции, заложенные в так называемый Интернет подводных вещей IoUT, применение которого планируется уже в ближайшем будущем. Если говорить об Интернете вещей IoT, то он относится к подключенным устройствам, которые могут работать с легким доступом в информативном образе через беспроводное и проводное подключение к Интернету. IoT позволяет обмениваться данными между физическими объектами, такими как, например, компьютеры, домашние приборы с использованием прикладного программного обеспечения, специальных датчиков и исполнительных механизмов. В свою очередь, назначение IoUT – мониторинг, наблюдение за морской жизнью, обеспечение безопасности, обмен информацией, изучение природных опасностей и стихийных бедствий, исследование обширных возможностей Мирового океана. Следовательно, передача данных от подводных объектов в режиме реального времени становится сложной задачей, и решением ее является использование в будущем современных информационных платформ (рисунок 3).

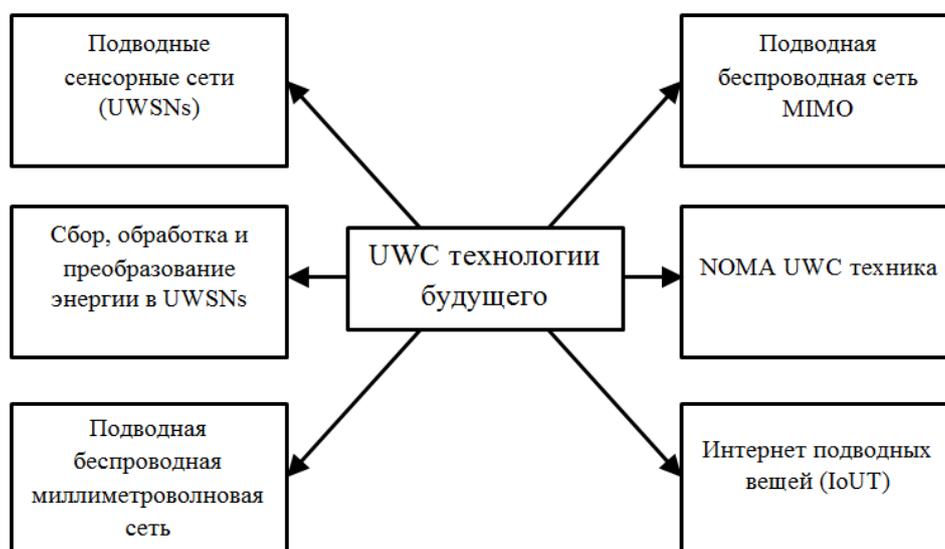


Рисунок 3. Предлагаемые направления развития подводной беспроводной связи.

Взаимосвязанные подводные технические средства передачи данных являются неотъемлемой частью IoUT, которые также способствуют улучшению QoS системы [8].

5. Выводы

Применение технологии UWC под водой открывают двери новых возможностей в будущем [9]. В частности, детальный научный подход к UWOC позволит в значительной степени повысить производительность и эффективность системы. Соответственно, радиочастотно-акустико-оптическая гибридная информационная система передачи данных в будущем обеспечит высокоскоростную передачу данных через вспомогательные роботизированные сенсорные сети.

Таким образом, благодаря IoT на базе UWC будет решаться широкий спектр подводных задач, таких как ремонт трубопровода, обнаружение сейсмических воздействий подо льдом и осуществление экологического подводного мониторинга.

Список литературы

1. Костылёв Н.М. Математическая модель распространения лазерного излучения в морской воде / Н.М. Костылёв, В.Я. Колочкин, Р.О. Степанов // Оптика и спектроскопия. – 2019. – № 127(4). – С. 558-562.
2. Мартынов В. Лазерные технологии передачи данных в водной среде в вопросах организации подводных беспроводных сетей связи / В. Мартынов, В. Дорошенко, Н. Божук, Ю. Ксенофонтов // Морские интеллектуальные технологии. Научный журнал. – 2021. – № 2(1). – С. 80-85.
3. Ксенофонтов Ю.Г. Инновационный подход к вопросам организации системы дальней связи и управления подводными робототехническими комплексами контроля экологического состояния акваторий Северного морского пути / Ю.Г. Ксенофонтов // Наука, технологии, общество: экологический инжиниринг в интересах устойчивого развития территорий: сборник научных трудов III Всероссийской научной конференции с международным участием. – Красноярск: Общественное учреждение «Красноярский краевой Дом науки и техники Российского союза научных и инженерных общественных объединений». – 2022. – 6. – С. 560-570. http://ru-conf.domnit.ru/media/filer_public/af/cb/afcb5df5-81bb-435f-a6e7-d32c36cf16b0/6016.pdf
4. Мартынов В.Л. Беспроводной оптический канал связи в водной среде как альтернатива связи по кабелю / В.Л. Мартынов, А.С. Голосной, С.В. Егоров //

- Известия Российской Академии ракетных и артиллерийских наук. – 2016 г. – № 4(94). – С. 126-130.
5. Ксенофонтов Ю.Г. К вопросам организации и оценки эффективности беспроводной лазерной системы связи с подводными робототехническими комплексами / Ю.Г. Ксенофонтов // Достижения науки и технологий-ДНиТ-II-2023: Сборник научных статей по материалам II Всероссийской научной конференции. – Красноярск: Общественное учреждение «Красноярский краевой Дом науки и техники Российского союза научных и инженерных общественных объединений». – 2023. – 7. – С. 455-461. <https://www.doi.org/10.47813/dnit-II.2023.7.455-461>
 6. Kaushal N. Underwater optical wireless communication / N. Kaushal, G. Kaddoum // IEEE Access. – 2016. – Vol. 4. – P. 1518-1547.
 7. Дорошенко В.И. Особенности связи с глубоководными подвижными морскими аппаратами / В.И. Дорошенко, Э.Л. Солнце // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2014. – № 4(26). – С. 38-42.
 8. Алиева Э.Э. Особенности архитектуры сетей следующих поколений и QoS / Э.Э. Алиева, З.Т. Магеррамов // Sciences of Europe. – 2022. – № 107. – С. 140-151.
 9. Родионов А.Ю. Перспективы использования оптических систем связи и ориентации в подводной робототехнике / А.Ю. Родионов, А.Ф. Щербатюк // Подводные исследования и робототехника. – 2021. – №. 4(38). – С. 37–49.

УДК 81'33

EDN [HWTSRQ](#)

Компьютерная лингвистика

М.И. Кондратьева^{1*}, В.В. Бронская¹, К.С. Бронская²

¹Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. Карла Маркса, 68, Казань, 420015, Россия

²Казанский (Приволжский) федеральный университет, ул. Кремлевская, 19, Казань, 420008, Россия

*E-mail: kondratteva@yandex.ru

Аннотация. Область компьютерной лингвистики и обработки естественного языка за последние десятилетия претерпела значительные изменения, превратившись в важную научную дисциплину и область технологического развития. Увеличение объема текстовой информации в Интернете и растущая потребность в её автоматизированной обработке стимулировали создание инновационных решений в лингвистике и ИТ. В статье рассматриваются ключевые задачи и приложения компьютерной лингвистики, такие как машинный перевод, автоматическая редакция текста, извлечение информации и разработка чат-ботов. Также обсуждаются актуальные проблемы, включая сложности распознавания речи, вызванные различиями в акцентах, и проблемы синтаксической и морфологической неоднозначности. Влияние полярных и неполярных растворителей на результаты анионной полимеризации служит дополнительным фактором, влияющим на точность автоматических систем обработки. Примечательно, что такие сложности, как определение точного значения неоднозначных слов, остаются открытыми вопросами, влияющими на работу поисковых систем и другие приложения. Хотя достижения в области машинного перевода и автоматизации текстов значительны, они остаются несовершенными и требуют дальнейшего развития. Таким образом, сфера компьютерной лингвистики продолжает сталкиваться с комплексными вызовами, решение которых важно для улучшения эффективности взаимодействия с текстовой информацией и её анализа в различных приложениях.

Ключевые слова: компьютерная лингвистика, обработка естественного языка, машинный перевод, распознавание речи.

Computer linguistics

M.I. Kondrateva^{1*}, V.V. Bronskaya¹, K.S. Bronskaya²

¹ Kazan National Research Technological University, 68 Karl Marx str., Kazan, 420015, Russia

² Kazan Federal University, 18 Kremlyovskaya str., Kazan, 420008, Russia

* E-mail: kondratteva@yandex.ru

Abstract. The field of computational linguistics and natural language processing has undergone significant changes over the past decades, transforming into an important scientific discipline and a key area of technological development. The increasing volume of textual information on the Internet and the growing need for its automated processing have driven the creation of innovative solutions in linguistics and IT. This article addresses the key tasks and applications of computational linguistics, such as machine translation, automatic text editing, information extraction, and chatbot development. Current challenges, including the difficulties of speech recognition due to accent variations, as well as syntactic and morphological ambiguity, are also discussed. The impact of polar and non-polar solvents on the outcomes of anionic polymerisation serves as an additional factor influencing the accuracy of automated processing systems. Notably, issues such as the precise identification of ambiguous word meanings remain unresolved and affect the performance of search engines and other applications. Although advancements in machine translation and text automation are significant, they remain imperfect and require further development. Thus, the field of computational linguistics continues to face complex challenges, the resolution of which is crucial for enhancing the efficiency of textual information processing and analysis across various applications.

Keywords: computational linguistics, natural language processing, machine translation, speech recognition.

1. Введение

За последние три десятилетия область компьютерной лингвистики (КЛ) вместе с ее инженерной областью обработки естественного языка (ЕЯ) превратилась из относительно малоизвестного дополнения к искусственному интеллекту (ИИ) [1-4] в процветающую научную дисциплину и стала важной областью промышленного развития. Это связано с большим потоком текстовой информации в Интернете, а также необходимостью её обработки, что и подтолкнуло ученых-разработчиков на создание новейших технологий в сфере лингвистики и IT [5-7]. Целью нашего исследования является изучение области компьютерной лингвистики, описание её специфики и изложение её основных задач, а также составление краткой характеристики существующих приложений КЛ.

Однако существует множество актуальных проблем, которые еще предстоит решить компьютерным лингвистам, среди них:

- Трудности в системах распознавания речи в основном вызваны различиями в акцентах; использование спонтанной речи; различия в артикуляции, громкости, скорости и т.д.; акустические условия и многие другие.
- Уровень понимания; Морфологические и синтаксические явления, такие как многоточие и разрешение анафоры, представляют собой проблемы на уровне понимания ЕЯ и являются активными областями исследований.
- Выбор одного единственного значения для неоднозначного слова, является одним из самых популярных открытых вопросов в лингвистике, поскольку он оказывает огромное влияние на точность поисковых систем.
- Устранение неоднозначности контекста, социальный интеллект, интерпретация спонтанных жестов и т. д. – вот некоторые из текущих проблем (в разной степени) в области КЛ.

2. Инструменты компьютерной лингвистики

Каждое разработанное приложение для КЛ должно включать в себя все необходимые знания(лингвистические, синтаксические, морфемные и т.д.) об исследуемом языке. Всю эту информацию можно найти в интернет(компьютерных) – словарях, за основу которых берутся текстовые словари разных языков, исходным

материалом которых является текстовый корпус – это большой и структурированный набор текста, собранный систематически.

Текстовые корпуса используются в КЛ для статистического анализа, проверки гипотез, поиска моделей использования языка, исследования языковых изменений и вариаций, а также обучения владению языком. На сегодняшний день чаще всего исходным материалом компьютерной лингвистики становятся тексты из Интернета.

Для решения практических задач КЛ используются такие инструменты как:

Машинный перевод – это раздел компьютерной лингвистики, который исследует использование программного обеспечения для перевода текста или речи с одного языка на другой. Некоторые системы машинного перевода могут переводить тексты широких категорий, такие как новости и технические документы, и производить переводы приемлемого качества. Однако в технологии МП все еще есть пробелы – например, она часто не распознает идиомы и каламбуры, а также может быть достаточно не точной, когда речь идет о переводе узкоспециализированных текстов, таких как юридические или технические документы, или сложный лингвистический текст. Наконец, многие пользователи не уверены в том, что окончательный машинный перевод является правильным или даже имеет смысл.

Поиск и кластеризация документов часто служат предварительными шагами в извлечении информации или анализе текста, двух пересекающихся областях, связанных с извлечением полезных знаний из документов, таких как основные характеристики именованных объектов (категория, роли по отношению к другим объектам, местоположение, даты и т. д.) или отдельных типов событий, или вывод правильных корреляций между относительными терминами (например, что покупка одного типа продукта коррелирует с покупкой другого).

Ответы на вопросы (Question answering) – это задача в области поиска информации и обработки естественного языка, которая связана с созданием систем, которые автоматически отвечают на вопросы, заданные людьми на ЕЯ. Эта задача решается путем определения типа вопроса, поиском текстов, потенциально содержащих ответ на этот вопрос, и извлечением ответа из этих текстов.

Редактирование текста и исправление предложений являются важными понятиями лингвистической структуры и анализа. Программами, по решению данной задачи, являются автокорректоры и программы по автоматическому переносу слов, что

вызывает свою сложность в том плане, что для правильного решения приложению необходимо знать морфемную структуру слов ЕЯ, то есть знание целого словаря.

Извлечение знаний или составление краткого изложения текста(конспекта) из неструктурированного текста становятся все более важными приложениями, учитывая поток документов, исходящих от средств массовой информации, организаций любого типа и отдельных лиц. Этот непрекращающийся поток информации затрудняет обзор элементов, имеющих отношение к какой-либо конкретной цели, таких как основные данные о лицах, организациях и потребительских товарах, или сведения о несчастных случаях, землетрясениях, преступлениях, обслуживании продуктов, результаты медицинских исследований и так далее.

Извлечение информации создает структурированное представление знаний из неструктурированного текста, чтобы полученные сведения можно было в дальнейшем использовать для поиска, вывода и анализа. Учитывая спецификацию выбранных типов сущностей, семантических отношений и событий, приложение строит базу данных из экземпляров этой информации в тексте.

Еще одно приложение, которое стоит упомянуть – **чат-бот** – компьютерная программа или виртуальный помощник, используемый для ведения онлайн-чата с помощью текста или преобразования текста в речь вместо обеспечения прямого контакта с живым человеком. Разработанные для убедительной имитации того, как человек ведет себя в качестве собеседника, системы чат-ботов обычно требуют постоянной настройки и тестирования, и многие из них по-прежнему не могут адекватно вести диалог с человеком.

3. Выводы

В то время как другие отрасли работают на основе очень точных принципов, КЛ стремится воссоздать или смоделировать естественные языки общения. Направления, в которых движется компьютерная лингвистика, довольно ошеломительны, поскольку эти решения связаны с инструментами распознавания голоса и дальнейшего перевода, и редактирования грамматики и правописания. Несмотря на то, что каждая задача представляет собой настоящую проблему, некоторые из недавних инноваций в этой области, начинают комбинировать варианты их решений, чтобы разнообразить рентабельность приложения и лучше исполнять запросы потребителей.

Список литературы

1. Ковалев И.В. Системные аспекты организации и применения мультилингвистической адаптивно-обучающей технологии / И.В. Ковалев, М.В. Карасева, Е.А. Суздалева // Образовательные технологии и общество. – 2002. – Т. 5, № 2. – С. 198-212. – EDN GJLTGN.
2. Бронская В.В. Применение искусственной нейронной сети для создания картины из фотографии / В.В. Бронская, В.В. Плющев, Т.В. Игнашина, К.С. Бронская, М.И. Кондратьева, А.В. Шипин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2024. – № 7. – С. 123-126.
3. Кондратьева М.И. Расчет сопротивления насадочной колонны с помощью искусственной нейронной сети / М.И. Кондратьева, В.В. Бронская // В сборнике: Развитие современной науки и технологий в условиях трансформационных процессов. Сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург, 2023. – С. 268-271.
4. Brester C. Evolutionary feature selection for emotion recognition in multilingual speech analysis / C. Brester, E. Semenkin, I. Kovalev et al. // IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC 2015), Sendai, Japan, 25–28 мая 2015 года. – Sendai, Japan: Institute of Electrical and Electronics Engineers Curran Associates, Inc. (Nov 2015). – 2015. – P. 2406-2411. – DOI 10.1109/CEC.2015.7257183. – EDN WSYCXP.
5. Ковалев И.В. Внутриязыковые ассоциативные поля в мультилингвистической адаптивно-обучающей технологии / И.В. Ковалев, О.В. Лесков, М.В. Карасева // Системы управления и информационные технологии. – 2008. – № 3-1(33). – С. 157-160. – EDN JURFJT.
6. Зеленков П.В. Мультилингвистическая модель распределенной системы на основе тезауруса / П.В. Зеленков, И.В. Ковалев, М.В. Карасева, С.В. Рогов // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. – 2008. – № 1(18). – С. 26-28. – EDN IPVDMZ.
7. Польщикова О.Н. Становление и формирование терминологии компьютерной лингвистики / О.Н. Польщикова // Вопросы журналистики, педагогики, языкознания. – 2022. – Т. 41. – № 3. – С. 590-607.

УДК 004.942; 631.3

<https://www.doi.org/10.47813/nto.5.2024.2003>

EDN [HXEMHX](#)

Опыт роевого применения БПЛА в сфере автономного земледелия

Д.И. Ковалев^{1,2}, Е.В. Туева¹, Д.С. Покусаев^{3*}

¹Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

²Национальный исследовательский университет "Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства", Ташкент, Узбекистан

³Федеральный исследовательский центр Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, Красноярск, Россия

*E-mail: gololmraz228@gmail.com

Аннотация. В статье анализируется современный опыт роевого применения БПЛА в сфере автономного земледелия. Сельскохозяйственные БПЛА являются неотъемлемыми компонентами систем автоматизации, разрабатываемых для автономного земледелия, и широко применяются на различных этапах эксплуатации благодаря своей точности, высокой эффективности, экологической устойчивости и простоте эксплуатации. Роевое применение БПЛА охватывает четыре основных этапа сельскохозяйственного производства (выращивание, посадка, управление и сбор урожая). Целесообразно выполнять анализ применения роя БПЛА на каждом из перечисленных этапов, оценивая опыт реализации передовых технологий роевого применения БПЛА в сфере автономного земледелия. Опыт применения и уровень развития технологии роя БПЛА в автономном сельском хозяйстве позволяет выявить пути повышения производительности роя, масштабируемости и темпов внедрения в современных условиях.

Ключевые слова: Роевое применение БПЛА, автономное сельское хозяйство, передовые технологии, темпы внедрения.

Experience of swarm application of UAVs in the field of autonomous agriculture

D.I. Kovalev^{1,2}, E.V. Tueva¹, D.S. Pokusaev^{3*}

¹Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

²National Research University "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers", Tashkent, Uzbekistan

³Federal Research Center Krasnoyarsk Science Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science, Krasnoyarsk, Russia

*E-mail: gololmraz228@gmail.com

Abstract. The article analyzes the current experience of swarm application of UAVs in the field of autonomous agriculture. Agricultural UAVs are integral components of automation systems developed for autonomous agriculture and are widely used at various stages of operation due to their accuracy, high efficiency, environmental sustainability and ease of operation. Swarm application of UAVs covers four main stages of agricultural production (growing, planting, management and harvesting). It is advisable to analyze the application of a UAV swarm at each of these stages, assessing the experience of implementing advanced technologies of swarm application of UAVs in the field of autonomous agriculture. The experience of application and the level of development of UAV swarm technology in autonomous agriculture allows us to identify ways to improve swarm performance, scalability and the pace of implementation in modern conditions.

Keywords: UAV swarm application, autonomous agriculture, advanced technologies, implementation rates.

1. Введение

Автономные фермы характеризуют этап передового сельскохозяйственного развития в сфере автономного земледелия, воплощая объединение информационных технологий последнего поколения, интеллектуальной техники и прогрессивных методов ведения сельского хозяйства [1-6]. В отличие от традиционных хозяйств, такие автономные фермы используют целый спектр датчиков, автоматизированных систем и аналитики данных для реализации полностью автоматизированного и интеллектуального управления, что в результате значительно сокращает затраты на рабочую силу [7-10]. Главной целью разработки таких компонентов автономного земледелия является совершенствование процессов сельскохозяйственного производства на основе роботизированной интеллектуальной сельскохозяйственной техники [11-13].

В сфере автономного земледелия агротехнологические операции при возделывании различных сельскохозяйственных культур охватывают ряд транспортно-технологических циклов (ТТЦ), выполняемых на протяжении всего процесса выращивания, от посева до сбора урожая. Совокупность ТТЦ составляет основную фазу всех автономных сельскохозяйственных операций. В настоящее время к основным операциям, в рамках реализации которых применяются роевые системы БПЛА, относят: контроль орошения, идентификацию сорняков, идентификацию и борьбу с вредителями, а также обследование состояния сельскохозяйственных культур в случае поражения различными болезнями.

Сельскохозяйственный БПЛА – это важный компонент интеллектуальной сельскохозяйственной техники, который отличается точной работой, высокой эффективностью, экологической устойчивостью, простотой эксплуатации и высокой степенью автоматизации [14-17]. На текущем этапе своего развития БПЛА нашли широкое применение в различных эксплуатационных аспектах в сфере автономного земледелия. Эти приложения включают мониторинг и управление посевами [18-20], точное опрыскивание [21-23], автоматическое обнаружение поражений посевов, а также картирование посевов и оценку урожайности [24-26]. Однако существующий уровень технологического развития БПЛА обладает рядом ограничений с точки зрения полезной нагрузки и дальности полета [27-29]. В частности, возникают такие проблемы, как частая необходимость замены батарей и заправки жидкости во время выполнения операций

ТТЦ для каждого БПЛА в группе [30]. Это приводит к снижению эффективности эксплуатации и повышению трудоемкости. Следовательно, для повышения эффективности эксплуатации требуются стратегии, выходящие за рамки простого увеличения грузоподъемности и производительности отдельных БПЛА. Современная тенденция в сфере автономного земледелия предполагает развертывание роев БПЛА для совместного проведения транспортно-технологических операций, тем самым расширяя зону эксплуатации БПЛА территориально и, следовательно, обеспечивая повышение эффективности эксплуатации БПЛА [31, 32]. В последнее время системы кооперативной работы роев БПЛА появились как потенциальное средство повышения эффективности точного земледелия, что требует дальнейшего изучения полученного опыта и результатов экспериментов [33, 34].

2. Материалы и методы

В данной работе опыт роевого применения БПЛА в сфере автономного земледелия оценивался по таким источникам, как базы данных Google Scholar, ScienceDirect, Elibrary (РИНЦ), Scopus, IEEE Xplorer и Wiley. Объектами рассмотрения были методы совместной навигации нескольких БПЛА, в первую очередь, опубликованные в статьях за последнее десятилетие. Материал исследований по технологии роевого применения БПЛА отражает четыре основных этапа сельскохозяйственного производства: выращивание, посадка, управление и сбор урожая. Обобщение технологий выполняется с учетом информации о типе управления роем БПЛА на одном из сельскохозяйственных этапов, на котором они применялись, с оценкой технологических плюсов и минусов, а также возникающих технических проблем в процессе эксплуатации группы БПЛА. Следует отметить, что сопоставление различных парадигм управления с различными эксплуатационными особенностями, присущими каждой сельскохозяйственной фазе, может быть проведено только на основе экспериментальных результатов (серии опытов, описанных авторами), чтобы определить, какие методы являются более перспективными на различных этапах сельскохозяйственного производства. Используется классификация технологий роевого применения БПЛА по отдельным типам на основе технических параметров применяемых БПЛА, что позволяет оценить их потенциал в сценариях беспилотного земледелия.

3. Результаты применения БПЛА на различных фазах ТТЦ

Посевная фаза ТТЦ при автономных сельскохозяйственных операциях имеет решающее значение в автономном земледелии, поскольку плотность и однородность посевных операций напрямую влияют на прорастание семян и будущий урожай [35-37]. Такой тип БПЛА, как беспилотные вертолеты, учитывая их компактные размеры, гибкую маневренность и способность перемещаться по запрограммированным траекториям полета, обеспечивают заметные преимущества, особенно в местностях, характеризующихся гористым ландшафтом, небольшими участками и значительными перепадами высот. На таких территориях традиционная, более крупная наземная посевная техника может испытывать трудности с перемещением и автономной навигацией. В настоящее время реализация стратегий посева, в которых используются БПЛА, является развивающейся областью исследований, с потенциалом значительного повышения точности и эффективности операций по посадке сельскохозяйственных культур, особенно в условиях сложных сельскохозяйственных ландшафтов.

Один из реализованных ТТЦ БПЛА для опрыскивания растений рассмотрен в [1, 38]. Авторами предложена технология для полевого опрыскивания на базе двух БПЛА. Конструкция опрыскивателя позволяет реализовать принцип работы, который заключается в одновременном подключении баков с химикатами двух БПЛА к одной распылительной штанге. БПЛА работают синхронно, перемещая распылительную штангу, тем самым увеличивая рабочую зону и объем распыления за одно применение. Однако, следует учесть, что полезная грузоподъемность БПЛА ограничена и расстояние между двумя БПЛА определяется размерными характеристиками распылительной штанги. В этом случае точность и синхронность перемещения обоих БПЛА в одном направлении обеспечивается за счет реализации режимов визуальной совместной навигации или коммуникационной навигации и может удовлетворить требованиям реализации ТТЦ для данных агротехнологических операций.

Отметим работу [39], в которой рассматривается несколько проблем, связанных с операциями по распылению пестицидов, выполняемых роями БПЛА. К этим проблемам относятся:

- несоответствие (несовместимость) оборудования;
- нечеткие границы полей и участков обработки;

- снос капель при распылении с помощью БПЛА;
- различный уровень квалификации операторов БПЛА при групповом управлении роем.

Одним из способов решения указанных проблем было создание математической модели для гетерогенной системы роя БПЛА, используемого для защиты урожая. На основе этой модели был предложен оптимальный метод распределения задач по распылению пестицидов для роя БПЛА, участвующего в операциях ТТЦ по защите урожая. Подтверждение адекватности модели осуществлялось в ходе испытаний беспилотной авиационной системы (БАС) из пяти распылительных БПЛА. Эффективность данного метода по оптимальному распределению задач между БПЛА подтверждена в ходе выполнения реальных операций ТТЦ по распылению пестицидов.

На рисунке 1 представлен проект Китайской компании Eavision, которая запустила рой дронов в Бразилии. Китайская компания представила сельскохозяйственный БПЛА модели EA-30X-Pro. Данная модель способна работать в комплекте до трех устройств с одним оператором. Тройной набор устройств увеличивает в три раза производительность одного БПЛА, составляющую 22,5 га в час, и достигает более 60 га, обрабатываемых всего за один час.



Рисунок 1. Роевое применение БПЛА EA-30X-Pro компании Eavision (источник: <https://bossagro.kz/>).

Рассмотрим некоторые передовые практики роевого применения БПЛА в процессе сбора урожая. Автоматизация процесса сбора урожая на автономных фермах действительно является критически важным компонентом ТТЦ. Здесь очевиден потенциал для значительного повышения производительности, снижения затрат на рабочую силу и обеспечения качества и урожайности сельскохозяйственных культур [40]. Технология роевого применения БПЛА может внести значительный вклад в процесс сбора урожая в сфере автономного земледелия, обеспечивая эффективную и точную уборку, а также эффективно снижая потери урожая. Эта технология является перспективной и, вероятно, в будущем вытеснит традиционные методы сбора урожая, расширяя возможности точного (интеллектуального) автоматизированного земледелия [41, 42].

Выделяется два основных направления по применению роевых технологий БПЛА в процессе сбора урожая:

- 1) прогнозирование и оценка урожайности;
- 2) автоматизированный сбор.

Прогнозирование урожайности имеет первостепенное значение для фермеров, поскольку оно облегчает принятие обоснованных решений, связанных со страхованием урожая, требованиями к хранению, составлением бюджета денежных потоков и распределением ресурсов, таких как удобрения, вода и т.д. В соответствии с известными методами измерения сельскохозяйственных угодий, картирования и полевого осмотра прогнозирование и оценка урожайности проводится путем установки различных сенсорных устройств на БПЛА для выполнения дистанционного зондирования сельскохозяйственных угодий с малой высоты. Собранные данные дистанционного зондирования анализируются для оценки урожайности. Отметим, что в настоящее время существует ограниченное количество исследований, применяющих технологию роя БПЛА для оценки урожайности. В [43] предлагается один из возможных подходов к оценке урожайности цитрусовых на основе БПЛА. Этот подход использует методы автоматической обработки изображений для обнаружения, подсчета и оценки размера цитрусовых на отдельных деревьях на основе методов глубокого обучения. Экспериментальные данные позволяют определить погрешность аппроксимации, которая составила не более 4,53% со стандартным отклонением 0,97 кг. Эксперимент выполнялся на 20 цитрусовых деревьях. Это подтверждает эффективность

предложенного алгоритма. В работе [44] предлагается модель прогнозирования урожайности хлопка. Модель использовала многовременные, с высоким разрешением, видимые и многоспектральные изображения дистанционного зондирования БПЛА. Для процесса прогнозирования использовались байесовская регуляризованная нейронная сеть BP и модель семантической сегментации ENVINet-5. Модель была проверена с помощью реальных полевых экспериментов, подтвердивших ее осуществимость для прогнозирования урожайности.

В [45] предлагается оригинальная модель кооперативного назначения задач на основе роя БПЛА, применяемого для сбора урожая на территории фруктовых садов. Предложенный эвристический кооперативный метод позволяет обеспечить кратчайшее расстояние перемещения БПЛА, что является ключевым показателем при решении поставленных перед роем задач. Базовая производительность алгоритма была проверена с помощью имитационных экспериментов.

Также отмечается, что в 2023 году компания Tevel Aerobotics Technologies (Израиль) разработала систему сбора урожая для фруктовых садов, основанную на БАС из роя БПЛА. Система состоит из наземных объектов автономного земледелия и роя БПЛА. Эти компоненты обмениваются друг с другом информацией о местоположении в реальном времени. Затем они анализируют и определяют местоположение фруктов с помощью систем визуализации. После успешной локализации осуществляется сбор урожая с размещением на борту БПЛА. Показано, что данная система значительно повышает эффективность сбора урожая и стала одним из новых направлений развития в области беспилотного земледелия [46].

4. Заключение

Рассматривая применение технологии роя БПЛА в контексте автономного земледелия, отметим, что существующие методы управления роем БПЛА обладают как сильными, так и слабыми сторонами при различных подходах. Во многом это зависит от уровня текущих приложений роевой технологии применения БПЛА в рамках четырех основных процессов, присущих беспилотному земледелию: выращивание, посадка, управление и сбор урожая.

За счет повышения интеллектуализации управления БПЛА расширяется сфера применения роевых технологий БПЛА при правильном построении соответствующих

аппаратных и программных инфраструктур [47-49]. При этом решение практических проблем роевого применения БПЛА в сфере автономного земледелия требует их рассмотрения с нескольких точек зрения. Целью перспективных работ является предоставление потенциальных решений для надежного развития роевых технологий БПЛА путем изучения трех конкретных аспектов:

- повышение автономности, интеллектуальности и отказоустойчивости роев БПЛА;
- создание комплексной модели для анализа и принятия решений на структурных объектах автономного земледелия (умных фермах);
- дальнейшая интеграция системы интеллектуальных сельскохозяйственных технологий и сельскохозяйственного Интернета вещей.

Таким образом, повышая интеллект и автономность роевого применения БПЛА, разрабатывая интегрированную модель для анализа данных и принятия решений в автономном земледелии, используя интегрированную систему интеллектуальных сельскохозяйственных технологий в контексте Интернета вещей, можно значительно усовершенствовать интеллектуальные компоненты умных ферм, включая БПЛА, что даст новые перспективы для будущего развития автономного сельского хозяйства.

Список литературы

1. Ming R. Comparative Analysis of Different UAV Swarm Control Methods on Unmanned Farms / R. Ming, R. Jiang, H. Luo, T. Lai, E. Guo, Z. Zhou // *Agronomy*. – 2023. – 13(10). – P. 2499. <https://doi.org/10.3390/agronomy13102499>
2. Ковалев И.В. Возможности использования инновационных космических технологий в прогрессивном растениеводстве / И.В. Ковалев, Н.В. Титовская, С.Н. Титовский // Проблемы современной аграрной науки: Материалы международной научной конференции, Красноярск, 15 октября 2019 года / Ответственные за выпуск: Валентина Леонидовна Бопп, Жанна Николаевна Шмелева. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2019. – С. 200-204.
3. Yablokova A. Environmental safety problems of swarm use of UAVs in precision agriculture / A. Yablokova, D. Kovalev, I. Kovalev et al. // *E3S Web of Conferences*. – 2024. – Vol. 471. – P. 04018. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202447104018>

4. Kovalev I.V. Productivity analysis of agricultural UAVs by field crop spraying / I. V. Kovalev, D. I. Kovalev, K. D. Astanakulov et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2023. – Vol. 1284, No. 1. – P. 012026. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1284/1/012026>
5. Zhang Y. Research on Evolutionary Impetus and Path of Unmanned Farm / Y. Zhang, L. Liu, D. Li, M. Niu // Shandong Agric. Sci. – 2020. – Vol. 52. – P. 160-166.
6. Wu H. Cognitive WSN Control Optimization for Unmanned Farms Under the Two-Layer Game / H. Wu, X. Han, H. Zhu // IEEE Sens. J. – 2022. – Vol. 22. – P. 1775-1785.
7. Kovalev I. Digitalization of UAV transport and technological cycles in smart agriculture / I. Kovalev, D. Kovalev, K. Astanakulov et al. // e3s web of conferences: VIII International Conference on Advanced Agritechnologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-VIII 2023), Krasnoyarsk, 29–31 March 2023. – Vol. 390. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2023. – P. 03014. – DOI 10.1051/e3sconf/202339003014.
8. Карцан И.Н. Проблемы анализа и синтеза структур сложных систем сетевого взаимодействия наземных пунктов управления космическими аппаратами / И.Н. Карцан, И.В. Ковалев, С.В. Ефремова // Решетневские чтения. – 2017. – Т. 1. – С. 390-391.
9. Kovalev I.V. Model of the reliability analysis of the distributed computer systems with architecture "client-server" / I.V. Kovalev, P.V. Zelenkov, M.V. Karaseva et al. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: XVII International Scientific Conference "Reshetnev Readings", Krasnoyarsk, 12–14 November 2014. – Vol. 70. – Krasnoyarsk: Institute of Physics Publishing, 2015. – P. 012009. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/70/1/012009>
10. Kartsan I.N. Applying filtering for determining the angular orientation of spinning objects during interference / I.N. Kartsan, A.E. Goncharov, P.V. Zelenkov et al. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Krasnoyarsk, 11–15 April 2016. – Vol. 155. – Krasnoyarsk: Institute of Physics Publishing, 2016. – P. 012020. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/155/1/012020>
11. Li D. System Analysis and Development Prospect of Unmanned Farming / D. Li, L. Zhen // J. Agric. Mach. – 2020. – Vol. 51. – P. 1–12.

12. T. Wang. From Smart Farming towards Unmanned Farms: A New Mode of Agricultural Production / T. Wang, X. Xu, C. Wang, Z. Li, D. Li // Agriculture. – 2021. – Vol. 11. – P. 145.
13. Kovalev I.V. Analysis of the current situation and development trend of the international cargo UAVs market / I.V. Kovalev, A.A. Voroshilova, M.V. Karaseva // Journal of Physics: Conference Series : International Scientific Conference "Conference on Applied Physics, Information Technologies and Engineering - APITECH-2019", Krasnoyarsk, 25–27 September 2019 / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations; Polytechnical Institute of Siberian Federal University. Vol. 1399. – Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2019. – P. 55095. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1399/5/055095>
14. Li. D. System Analysis and Development Prospect of Unmanned Farming / D. Li, L. Zhen // J. Agric. Mach. – 2020. – Vol. 51. – P. 1-12.
15. Wang T. From Smart Farming towards Unmanned Farms: A New Mode of Agricultural Production / T. Wang, X. Xu, C. Wang, Z. Li, D. Li. // Agriculture. – 2021. – Vol. 11. – P. 145.
16. Ковалев И.В. К вопросу формирования блочно-модульной структуры системы управления беспилотных летательных объектов / И.В. Ковалев, В.В. Лосев, М.В. Сарамуд и др. // Современные инновации, системы и технологии. – 2021. – Т. 1, № 3. – С. 54-71. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2021-1-3-48-64>
17. Saramud M.V. Software interfaces and decision block for the execution environment of multi-version software in real-time operating systems / M.V. Saramud, I.V. Kovalev, V.V. Losev, M.O. Petrosyan // International Journal on Information Technologies and Security. – 2018. – Vol. 10, No. 1. – P. 25-34.
18. Cuaran J. Crop Monitoring using Unmanned Aerial Vehicles: A Review / J. Cuaran, J. Leon // Agric. Rev. – 2021. – Vol. 42. – P. 121-132.
19. Amarasingam N. A review of UAV platforms, sensors, and applications for monitoring of sugarcane crops / N. Amarasingam, Ashan Salgadoe, K. Powell, L.F. Gonzalez, S. Natarajan // Remote Sens. Appl. Soc. Environ. – 2022. – Vol. 26. – P. 100712.
20. Yuronen Y.P. The concept of creation of information system for environmental monitoring based on modern GIS-technologies and earth remote sensing data / Y.P. Yuronen, E.A. Yuronen, V.V. Ivanov et al. // IOP Conference Series: Materials Science and

- Engineering: International Scientific and Research Conference on Topical Issues in Aeronautics and Astronautics (Dedicated to the 55th Anniversary from the Foundation of SibSAU), Krasnoyarsk, 06–10 April 2015. Vol. 94. – Krasnoyarsk: Institute of Physics Publishing, 2015. – P. 012023. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/94/1/012023>.
21. Song C. Variable-rate control system for UAV-based granular fertilizer spreader / C. Song; Z. Zhou; Y. Zang; L. Zhao; W. Yang; X. Luo; R. Jiang; R. Ming; Y. Zang; L. Zi et al. // *Comput. Electron. Agric.* – 2021. – Vol. 180. – P. 105832.
 22. Wang G. Field evaluation of spray drift and environmental impact using an agricultural unmanned aerial vehicle (UAV) sprayer / G. Wang, Y. Han, X. Li, J. Andaloro, P. Chen, W.C. Hoffmann, X. Han, S. Chen, Y. Lan. // *Sci. Total Environ.* – 2020. – Vol. 737. – P. 139793.
 23. Kovalev I.V. GERT analysis of UAV transport technological cycles when used in precision agriculture / I.V. Kovalev, D.I. Kovalev, A.A. Voroshilova et al. // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* – 2022. – Vol. 1076, No. 1. – P. 012055. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1076/1/012055>
 24. Bah M.D. CRoWNet: Deep Network for Crop Row Detection in UAV Images / M.D. Bah, A. Hafiane, R. Canals // *IEEE Access.* – 2020. – Vol. 8. – P. 5189-5200.
 25. Niu B. HSI-TransUNet: A transformer based semantic segmentation model for crop mapping from UAV hyperspectral imagery / B. Niu, Q. Feng, B. Chen, C. Ou, Y. Liu, J. Yang // *Comput. Electron. Agric.* – 2022. – Vol. 201. – P. 107297.
 26. Kovalev I.V. Analysis of system parameters in a microprocessor performance model of a swarm of agricultural spraying UAVs / I.V. Kovalev, D.I. Kovalev, K.D. Astanakulov et al. // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* – 2023. – Vol. 1284, No. 1. – P. 012030. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1284/1/012030>
 27. Ковалев И.В. Использование метода роя частиц для формирования состава мультиверсионного программного обеспечения / И. В. Ковалев, Е.В. Соловьев, Д.И. Ковалев и др. // *Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика.* – 2013. – № 3. – С. 1-6.
 28. Ju C. Multiple UAV Systems for Agricultural Applications: Control, Implementation, and Evaluation / C. Ju, H. Son // *Electronics.* – 2018. – Vol. 7. – P 162.
 29. Русаков М.А. Многоэтапный анализ архитектурной надежности в сложных информационно-управляющих системах: специальность 05.13.01 "Системный

- анализ, управление и обработка информации (по отраслям)": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Русаков Михаил Александрович. – Красноярск, 2005. – 168 с.
30. Engel E.A. Intelligent control system of autonomous objects / E.A. Engel, N.E. Engel, I.V. Kovalev et al. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: 5th International Workshop on Mathematical Models and their Applications 2016, IWMMMA 2016, Krasnoyarsk, 07–09 November 2016. – Vol. 173. – Krasnoyarsk: Institute of Physics Publishing, 2017. – P. 012024. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/173/1/012024>
31. Wu W. Unmanned Aerial Vehicle Swarm-Enabled Edge Computing: Potentials, Promising Technologies, and Challenges / W. Wu; F. Zhou, B. Wang, Q. Wu; C. Dong, R.Q. Hu // IEEE Wirel. Commun. – 2022. – Vol. 29. – P. 78-85.
32. Kovalev I. Cost-effectiveness analysis of the implementation of transport and technological cycles in the swarm use of agricultural UAVs / I. Kovalev, D. Kovalev, K. Astanakulov et al. // E3S Web of Conferences. – 2024. – Vol. 471. – P. 04017. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202447104017>
33. Ming R. Optical Tracking System for Multi-UAV Clustering / R. Ming, Z. Zhou, X. Luo, W. Liu, Z. Le, C. Song, R. Jiang, Y. Zang // IEEE Sens. J. – 2021. – Vol. 21. – P. 19382-19394.
34. Ming R. Laser tracking leader-follower automatic cooperative navigation system for UAVs / R. Ming, Z. Zhou, Z. Lyu, X. Luo, L. Zi, C. Song, Y. Zang, W. Liu, R. Jiang // Int. J. Agric. Biol. Eng. – 2022. – Vol. 15. – P. 165-176.
35. I. Kovalev. Conceptual basis for digitalization of specifications of transport and technological cycles of agricultural UAVs / D. Kovalev, K. Astanakulov et al. // E3S Web of Conferences: II International Conference on Environmental Technologies and Engineering for Sustainable Development (ETESD-II 2023), Tashkent, 13–15 September 2023. – Vol. 443. – Tashkent: EDP Sciences, 2023. – P. 06014. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202344306014>
36. Ковалев И.В. Мультиверсионный метод повышения программной надежности информационно-телекоммуникационных технологий в корпоративных структурах / И.В. Ковалев, Р.В. Юнусов // Телекоммуникации и информатизация образования. – 2003. – № 2. – С. 50-55.

37. Ковалев И.В. Анализ средств спецификации транспортно-технологических циклов БПЛА в умном сельском хозяйстве / И.В. Ковалев, Д.И. Ковалев, В.А. Подоплелова, М.Ф. Иконникова // Системы управления и информационные технологии. – 2023. – № 2(92). – С. 80-85.
38. Hegde A. Multi-UAV Distributed Control for Load Transportation in Precision Agriculture / A. Hegde, D. Ghose // In Proceedings of the AIAA SciTech 2020 Forum, Orlando, FL, USA, 6–10 January 2020.
39. Li Y. Optimal spraying task assignment problem in crop protection with multi-UAV systems and its order irrelevant enumeration solution / Y. Li, Y. Xu, X. Xue, X. Liu, X. Liu // Biosyst. Eng. – 2022. – Vol. 214. – P. 177-192.
40. Kovalev D.I., Astanakulov K.D., Kovalev I.V. Analysis of technologies for using the CE20 UAV as part of unmanned aerial plant protection systems / D.I. Kovalev, K.D. Astanakulov, I.V. Kovalev // Modern Innovations, Systems and Technologies. – 2024. – Vol. 4(1). – P. 0301-0311. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2024-4-1-0301-0311>
41. Mikhailov I.R. Methods of remote sensing of the earth in the forest industry / I.R. Mikhailov, N.A. Abramov, S.N. Dolmatov // Modern Innovations, Systems and Technologies. – 2023. – Vol. 3(3). – P. 0301-0310. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2023-3-3-0301-0310>
42. Kovalev D.I. Review of system parameter specifications for microprocessor performance analysis of UAV swarm applications / D.I. Kovalev // Modern Innovations, Systems and Technologies. – 2024. – Vol. 4(3). – P. 0101-0120. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2024-4-3-0101-0120>
43. Apolo-Apolo O.E. Deep learning techniques for estimation of the yield and size of citrus fruits using a UAV / O.E. Apolo-Apolo, J. Martínez-Guanter, G. Egea, P. Raja, M. Pérez-Ruiz // Eur. J. Agron. – 2020. – Vol. 115. – P. 126030
44. Xu W. Cotton yield estimation model based on machine learning using time series UAV remote sensing data / W. Xu, P. Chen, Y. Zhan, S. Chen, L. Zhang, Y. Lan // Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf. – 2021. – Vol. 104. – P. 102511.
45. Liu W. Multi-UAV Cooperative Task Assignment Based on Orchard Picking Algorithm / W. Liu, X. Zheng, H. Garg // Int. J. Comput. Int. Syst. – 2021. – Vol. 14. – P. 1461.
46. Technologies T.A. Enter A New Era of Harvesting with Tevel’s Flying Autonomous Robots. <https://www.tevel-tech.com/> (accessed on 10 October 2024).

47. Kovalev D.I. Use of UAV in precision farming: a review of Agras MG-1S octocopter test results / D.I. Kovalev, K.D. Astanakulov, E.V. Tueva // Informatics. Economics. Management. – 2024. – Vol. 3(3). – P. 0201-0214.
<https://doi.org/10.47813/2782-5280-2024-3-3-0201-0214>
48. Losev V.V. Overview of promising projects in the field of sustainable territorial development and global cyber-physical systems / V.V. Losev, D.I. Kovalev, A.A. Voroshilova, E.V. Tueva // Informatics. Economics. Management. – 2023. – Vol. 2(2). – P. 0401-0413. <https://doi.org/10.47813/2782-5280-2023-2-2-0401-0413>
49. Kovalev D.I. GERT-analysis of transport technological cycles of unmanned aerial vehicles / D.I. Kovalev // Informatics. Economics. Management. – 2022. – Vol. 1(1). – P. 0110-0120. <https://doi.org/10.47813/2782-5280-2022-1-1-0110-0120>

УДК 004.942; 631.3

<https://www.doi.org/10.47813/nto.5.2024.2004>

EDN [CGGOHK](#)

Анализ режимов совместной навигации при роевом применении БПЛА в системах точного земледелия

Д.И. Ковалев^{1,2}, Е.В. Туева¹, С.Р. Кузьмик^{3*}

¹Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

²Национальный исследовательский университет "Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства", Ташкент, Узбекистан

³Федеральный исследовательский центр Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, Красноярск, Россия

*E-mail: seregagg111@mail.ru

Аннотация. В статье представлен анализ режимов совместной навигации при роевом применении БПЛА в системах точного земледелия с учетом особенностей существующих методов управления роем БПЛА. Групповое применение сельскохозяйственных БПЛА эффективно для систем точного земледелия, и получило развитие на различных этапах агротехнологических операций для точного внесения удобрений и пестицидов при обработке полей. Такое применение способствует как высокой эффективности систем точного земледелия, так и экологической устойчивости и безопасности. Для роевого применения БПЛА рассмотрены режимы совместной навигации на основе связи и режимы визуальной совместной навигации. Целесообразно выполнять анализ режимов совместной навигации при роевом применении БПЛА в системах точного земледелия, оценивая опыт реализации передовых технологий навигации и инновационного развития в сфере автономного и точного земледелия. Опыт реализации и уровень развития режимов совместной навигации при роевом применении БПЛА в точном земледелии позволяет выявить пути повышения эффективности взаимодействия БПЛА в рое с учетом внедрения систем точного земледелия в современных условиях.

Ключевые слова: роевое применение БПЛА, точное земледелие, экологическая устойчивость, безопасность.

Analysis of collaborative navigation modes in swarm application of UAVs in precision farming systems

D.I. Kovalev^{1,2}, E.V. Tueva¹, S.R. Kuzmik^{3*}

¹Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

²National Research University "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers", Tashkent, Uzbekistan

³Federal Research Center Krasnoyarsk Science Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science, Krasnoyarsk, Russia

*E-mail: seregagg111@mail.ru

Abstract. The article presents an analysis of collaborative navigation modes in the swarm application of UAVs in precision farming systems, taking into account the features of existing UAV swarm management methods. Collaborative use of agricultural UAVs is effective for precision farming systems, and has been developed at various stages of agro-technological operations for precise application of fertilizers and pesticides during field processing. Such application contributes to both high efficiency of precision farming systems and environmental sustainability and safety. For the swarm application of UAVs, communication-based collaborative navigation modes and visual collaborative navigation modes are considered. It is advisable to analyze the collaborative navigation modes in the swarm application of UAVs in precision farming systems, assessing the experience of implementing advanced navigation technologies and innovative development in the field of autonomous precision farming. The experience of implementation and the level of development of collaborative navigation modes in the swarm application of UAVs in precision farming allows us to identify ways to improve the efficiency of UAV interaction in a swarm, taking into account the introduction of precision farming systems in modern conditions.

Keywords: UAV swarm applications, precision farming, environmental sustainability, safety.

1. Введение

Для анализа режимов совместной навигации при роевом применении БПЛА в системах точного земледелия необходимо выделить особенности существующих методов управления роем БПЛА [1-6]. Ряд авторов показывает, что организация совместной навигации существенно зависит от транспортно-технологических циклов (ТТЦ), выполняемых различными БПЛА в рое [7-13]. Необходимо осуществить согласованность ТТЦ каждого БПЛА и оптимизировать затраты на их реализацию [13-19]. В работе [20] методологии навигации роя БПЛА разделяются на две основные категории: абсолютная навигация и относительная навигация. Абсолютная навигация подразумевает сегментацию цели, поставленной перед роем БПЛА (миссии) на несколько более мелких задач. Такая сегментация выполняется наземным комплексом управления либо до, либо во время полета роя БПЛА [22-24]. Эти задачи создаются с использованием соответствующих алгоритмов управления / планирования траектории и передаются на каждый БПЛА, который затем выполняет назначенные задачи в рамках роевого применения группы БПЛА [25-27]. Этот режим можно далее подразделить на режим совместной работы по назначению задач и режим совместной работы по планированию траектории.

Относительная навигация, неотъемлемая часть обеспечения навигации роя БПЛА, реализуется на базе бортовых датчиков, которые фиксируют информацию об относительном положении, ориентации и условиях полета соседних или основного БПЛА во время полета роя. Каждый БПЛА в рое имеет возможность корректировать свое состояние и статус полета, а также положение на основе предварительно установленных ограничений, тем самым облегчая относительную позиционную навигацию роя БПЛА [20, 28-30]. Этот режим подразделяется на режим совместной навигации связи и режим визуальной совместной навигации.

2. Материалы и методы

В качестве материалов исследования выступали такие источники, как базы данных Google Scholar, ScienceDirect, Elibrary (РИНЦ), Scopus, IEEE Xplorer и Wiley. Объектами рассмотрения были методы и режимы совместной навигации при роевом применении БПЛА в системах точного земледелия. Материал исследований по технологии совместной навигации БПЛА отражает две основные методологии,

фокусирующиеся на режимах абсолютной навигации и относительной навигации. Для них выполняется обобщение методологий с учетом актуальной информации из анализируемых источников. Отметим, что сопоставление различных методологий навигации с различными эксплуатационными особенностями БПЛА, присущими их применению в системах точного земледелия, проводится на основе экспериментальных результатов. Это позволит определить наиболее перспективные режимы совместной навигации при роевом применении БПЛА в системах точного земледелия.

3. Результаты анализа режимов совместной навигации БПЛА

В настоящее время режим совместной навигации при роевом применении БПЛА в точном земледелии на основе средств связи является основным, как отмечают авторы [20]. Это относится к процессу, при котором рой БПЛА в полете не полагается исключительно на наземные станции или спутниковый сегмент для организации управления [13, 30-33]. В этом случае каждый БПЛА, используя высокоточную информацию, полученную с датчиков (местоположение и ориентация), рассматривает себя как узел связи [34]. С помощью модулей беспроводной передачи Bluetooth, ZigBee или WiFi внутри роя БПЛА для обмена информацией устанавливается беспроводная коммуникационная сеть. Такое сетевое взаимодействие способствует эффективному сотрудничеству различных БПЛА [35]. Такая совместная навигация на основе связи позволяет эффективно повысить общую эксплуатационную способность роя БПЛА и позволяет масштабировать систему, и она эффективно помогает другим методам связи.

Однако, с ростом количества БПЛА в рое растет и объем генерируемых ими данных. Существующая архитектура роя БПЛА, характеризующаяся протоколами MAC и алгоритмами маршрутизации, сталкивается с трудностями при обработке этого большого объема данных, что влияет на общее качество работы всей системы, так как снижается микропроцессорная производительность роя БПЛА за счет роста внутри- и межпроцессорных накладных расходов [16-18]. С целью преодоления указанных трудностей в работе [20] представлена модель глубокого Q-обучения (DQN), разработанная для оптимизации производительности всей сети с учетом динамической топологии роя и изменяющихся во времени условий связи. В исследовании [36] была предложена многометодная комбинированная стратегия связи БПЛА, которая помимо использования традиционной архитектуры БПЛА-к-БПЛА (U2U) для формирования

сети также интегрировала стратегию сотовой связи БПЛА, рассматривая каждый БПЛА как релейный узел для передачи данных. Для такой стратегии авторами представлена иллюстрация метода управления роем БПЛА на основе беспроводного маршрутизатора.

Режим совместной навигации на основе связи при роевом применении БПЛА позволяет строить сеть независимо от других заранее установленных сетевых объектов. Использование данного режима позволяет автоматически формировать сеть в любом рабочем сценарии и динамически изменять структуру сети в соответствии с конкретными эксплуатационными требованиями. Это способствует тому, что совместная навигация связи БПЛА в рое становится надежной и обладает способностью к помехоустойчивости [26, 27, 37]. Кроме того, для данного режима характерна высокая интеллектуальность и универсальность функционала. Однако можно отметить ряд недостатков, приведенных ниже.

Сетевые протоколы нуждаются в совершенствовании. В настоящее время скорость БПЛА при совместной навигации в режиме связи в основном находится в диапазоне от 5 м/с до 15 м/с. На более высоких скоростях быстрое перемещение БПЛА приводит к частым изменениям в топологии сети связи, увеличивая накладные расходы на сеть связи и способствуя перегрузке по обрабатываемым данным. Это существенно отражается на скорости передачи данных в режиме реального времени.

Безопасность связи обеспечивается на недостаточном уровне. Беспроводные соединения и мобильная топология в сети роя БПЛА в различной степени уязвимы по безопасности. Кроме того, при кооперативном навигационном полете роя БПЛА из-за сложности операционной среды системы точного земледелия могут возникнуть проблемы безопасности из-за возникающих радиочастотных помех и ряда прочих факторов.

Значительная информационная нагрузка приводит к ухудшению производительности в реальном времени. Во время полета БПЛА в рое на уровне всей системы кооперации генерируется значительный объем избыточной информации каждым БПЛА. Учитывая ограниченную существующую полосу пропускания беспроводной сети передачи данных, она не может быстро обрабатывать информацию. Это критично влияет на эффективность передачи информации, что приводит к значительной задержке при взаимодействии между БПЛА в группе.

Следует отметить также режим визуальной совместной навигации БПЛА, так как недавние достижения в области алгоритмов распознавания, связанных с машинным зрением, выдвинули визуальную навигацию в центр внимания как важную тему исследований, что отмечается как в отечественных, так и в международных публикациях, посвященных данной области навигации БПЛА [15, 38]. По сравнению с обычными радиодатчиками визуальные датчики обладают преимуществом компактности и экономической эффективности. В частности, изображения, собранные визуальными датчиками, содержат большой объем информации, что в сочетании со все более сложными визуальными алгоритмами делает визуальную навигацию высокоэффективным методом.

Во время визуальной совместной навигации в рое БПЛА «захватывают» информацию о характеристиках других БПЛА с помощью визуальных датчиков. Затем эта информация обрабатывается с помощью алгоритмов на основе заранее разработанных моделей, методов фильтрации и других методов для визуального отслеживания объектов с учетом соответствующих требований системы точного земледелия [1, 17, 21-23]. Оценивая свое состояние движения на основе положения в воздухе, БПЛА корректируют такие параметры, как направление полета или скорость, чтобы придерживаться заданных ограничений и корректно выполнять, а также завершать навигационный полет в рамках роевого взаимодействия БПЛА.

В режиме визуальной совместной навигации для роя БПЛА основная информация управления для БПЛА полностью формируется из обрабатываемой информации о характеристиках, полученных бортовыми визуальными датчиками. Таким образом, результаты визуального анализа оказывают непосредственное влияние на качество и безопасность полета БПЛА. Ключевая технология визуальной кооперативной навигации для роев БПЛА включает в себя извлечение информации о характеристиках БПЛА на основе изображений, собранных визуальными датчиками, а также координацию этой извлеченной информации с инерциальными навигационными данными БПЛА. Это обеспечивает возможность выполнения полета с визуальным отслеживанием БПЛА в рое. Режим визуальной кооперативной навигации для роевого применения БПЛА разделяется на три типа: визуально управляемая навигация, визуальная навигация, объединяющая информационные потоки из нескольких источников, и визуальная навигация типа V-SLAM.

Визуальная одновременная локализация и картирование (V-SLAM) — это технология, которая использует визуальные датчики для одновременного выполнения локализации и картирования. Этот метод успешно используется для наземных роботов, но он также имеет важные приложения для локализации и навигации беспилотных летательных аппаратов [39]. Компоненты V-SLAM: данные с датчиков, визуальная одометрия, нелинейная оптимизация и построение карты [40].

4. Заключение

Рассматривая режимы совместной навигации при роевом применении БПЛА в системах точного земледелия, отметим, что существующие методологические подходы обладают как сильными, так и слабыми сторонами. Обобщая проанализированные различные реализации системы взаимодействия БПЛА в рое на текущем этапе разработки, отметим следующее, касаясь анализа режимов совместной навигации БПЛА на основе систем связи. В данном режиме система демонстрирует возможность автоматического построения сети, динамически корректирует структуру сети в соответствии с конкретными эксплуатационными требованиями и обладает высокой помехоустойчивостью. Система демонстрирует высокую степень интеллекта и предлагает разнообразные функциональные возможности. Однако требуется повышение пропускной способности сети и сетевых протоколов и в настоящее время демонстрируется слабая производительность в режиме реального времени из-за высоких информационных нагрузок.

Для режима визуальной совместной навигации БПЛА характерно то, что такая система при роевом применении БПЛА может эффективно работать в зонах, где отсутствует GPS, тем самым расширяя область своего применения. При этом визуальный датчик отличается компактным размером и доступной стоимостью. Однако визуальная навигационная система может допускать ошибки отслеживания, что требует высокой надежности как визуального датчика, так и алгоритма визуального распознавания.

В связи со сложностью операционной среды и особенностей использования роя БПЛА в пределах системы точного земледелия требуется дальнейшее обобщение и анализ практических сценариев роевого применения БПЛА в различных режимах совместной навигации на текущем этапе разработки.

Список литературы

1. Kovalev I. Digitalization of UAV transport and technological cycles in smart agriculture / I. Kovalev, D. Kovalev, K. Astanakulov et al. // E3S Web of Conferences: VIII International Conference on Advanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-VIII 2023), Krasnoyarsk, 29–31 March 2023. – Vol. 390. – EDP Sciences: EDP Sciences. – 2023. – P. 03014.
<https://www.doi.org/10.1051/e3sconf/202339003014>
2. Каштанов В.В. Анализ организации связи с применением беспилотных летательных аппаратов малой дальности / В.В. Каштанов, В.А. Немтинов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2022. – Vol. 28(4). – P. 606-614.
3. Kartsan I.N. Applying filtering for determining the angular orientation of spinning objects during interference / I.N. Kartsan, A.E. Goncharov, P.V. Zelenkov et al. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Krasnoyarsk, 11–15 April 2016. – Vol. 155. – Krasnoyarsk: Institute of Physics Publishing, 2016. – P. 012020.
<https://www.doi.org/10.1088/1757-899X/155/1/012020>
4. Довгаль В.А. Анализ систем коммуникационного взаимодействия дронов, выполняющих поисковую миссию в составе группы / В.А. Довгаль, Д.В. Довгаль // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. – 2020. – Vol. 4(271). – P. 87-94.
5. Смолин М.С. Исследование модели системы связи для "роя" БПЛА / М.С. Смолин, Ю.С. Хило, А.М. Голиков // Электронные средства и системы управления. Материалы докладов Международной научно-практической конференции. – 2018. – № 1-1. – С. 8-10. – EDN DXOYQJ.
6. Kovalev I.V. Model of the reliability analysis of the distributed computer systems with architecture "client-server" / I.V. Kovalev, P.V. Zelenkov, M.V. Karaseva et al. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: XVII International Scientific Conference "Reshetnev Readings", Krasnoyarsk, 12–14 November 2014. –Vol. 70. – Krasnoyarsk: Institute of Physics Publishing, 2015. – P. 012009.
<https://www.doi.org/10.1088/1757-899X/70/1/012009>
7. Ковалев И.В. Возможности использования инновационных космических технологий в прогрессивном растениеводстве / И.В. Ковалев, Н.В. Титовская, С.Н. Титовский // Проблемы современной аграрной науки: Материалы международной научной

- конференции, Красноярск, 15 октября 2019 года / Ответственные за выпуск: Валентина Леонидовна Бопп, Жанна Николаевна Шмелева. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2019. – С. 200-204.
8. Kovalev I. Conceptual basis for digitalization of specifications of transport and technological cycles of agricultural UAVs / I. Kovalev, D. Kovalev, K. Astanakulov et al. // E3S Web of Conferences: II International Conference on Environmental Technologies and Engineering for Sustainable Development (ETESD-II 2023), Tashkent, 13–15 September 2023. – Vol. 443. – Tashkent: EDP Sciences, 2023. – P. 06014. <https://www.doi.org/10.1051/e3sconf/202344306014>
 9. Ковалев И.В. Мультиверсионный метод повышения программной надежности информационно-телекоммуникационных технологий в корпоративных структурах / И.В. Ковалев, Р.В. Юнусов // Телекоммуникации и информатизация образования. – 2003. – № 2. – С. 50-55.
 10. Ковалев И.В. Анализ средств спецификации транспортно-технологических циклов БПЛА в умном сельском хозяйстве / И. В. Ковалев, Д. И. Ковалев, В. А. Подоплелова, М. Ф. Иконникова // Системы управления и информационные технологии. – 2023. – № 2(92). – С. 80-85.
 11. Engel E.A. Intelligent control system of autonomous objects / E.A. Engel, N.E. Engel, I.V. Kovalev et al. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: 5th International Workshop on Mathematical Models and their Applications 2016, IWMMMA 2016, Krasnoyarsk, 07–09 November 2016. – Vol. 173. – Krasnoyarsk: Institute of Physics Publishing, 2017. – P. 012024. <https://www.doi.org/10.1088/1757-899X/173/1/012024>
 12. Kovalev I.V. GERT analysis of UAV transport technological cycles when used in precision agriculture / I.V. Kovalev, D.I. Kovalev, A.A. Voroshilova et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2022. – Vol. 1076, No. 1. – P. 012055. <https://www.doi.org/10.1088/1755-1315/1076/1/012055>
 13. Карцан И.Н. Проблемы анализа и синтеза структур сложных систем сетевого взаимодействия наземных пунктов управления космическими аппаратами / И.Н. Карцан, И.В. Ковалев, С.В. Ефремова // Решетневские чтения. – 2017. – Т. 1. – С. 390-391.
 14. Kovalev D.I. Analysis of technologies for using the CE20 UAV as part of unmanned aerial plant protection systems / D.I. Kovalev, K.D. Astanakulov, I.V. Kovalev // Modern

- Innovations, Systems and Technologies. – 2024. – Vol. 4(1). – P. 0301-0311.
<https://doi.org/10.47813/2782-2818-2024-4-1-0301-0311>
15. Mikhailov I.R. Methods of remote sensing of the earth in the forest industry / I.R. Mikhailov, N.A. Abramov, S.N. Dolmatov // Modern Innovations, Systems and Technologies. – 2023. – Vol. 3(3). – P. 0301–0310.
<https://doi.org/10.47813/2782-2818-2023-3-3-0301-0310>
16. Kovalev D.I. Review of system parameter specifications for microprocessor performance analysis of UAV swarm applications / D.I. Kovalev // Modern Innovations, Systems and Technologies. – 2024. – Vol. 4(3). – P. 0101-0120.
<https://doi.org/10.47813/2782-2818-2024-4-3-0101-0120>
17. Kovalev D.I. Use of UAV in precision farming: a review of Agras MG-1S octocopter test results / D.I. Kovalev, K. D. Astanakulov, E.V. Tueva // Informatics. Economics. Management. – 2024. – Vol. 3(3). – P. 0201–0214. <https://doi.org/10.47813/2782-5280-2024-3-3-0201-0214>
18. Losev V.V. Overview of promising projects in the field of sustainable territorial development and global cyber-physical systems / V.V. Losev, D.I. Kovalev, A.A. Voroshilova, E.V. Tueva // Informatics. Economics. Management. – 2023. – Vol. 2(2). – P. 0401-0413. <https://doi.org/10.47813/2782-5280-2023-2-2-0401-0413>
19. Kovalev D.I. GERT-analysis of transport technological cycles of unmanned aerial vehicles / D.I. Kovalev, V.A. Podoplelova, T.P. Mansurova // Informatics. Economics. Management. – 2022. – Vol. 1(1). – P. 0110-0120.
<https://doi.org/10.47813/2782-5280-2022-1-1-0110-0120>
20. Ming R. Comparative Analysis of Different UAV Swarm Control Methods on Unmanned Farms / R. Ming, R. Jiang, H. Luo, T. Lai, E. Guo, Z. Zhou // Agronomy. – 2023. – Vol. 13(10). – P. 2499. <https://doi.org/10.3390/agronomy13102499>
21. Yablokova A. Environmental safety problems of swarm use of UAVs in precision agriculture / A. Yablokova, D. Kovalev, I. Kovalev et al. // E3S Web of Conferences. – 2024. – Vol. 471. – P. 04018. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202447104018>
22. Kovalev I.V. Productivity analysis of agricultural UAVs by field crop spraying / I.V. Kovalev, D.I. Kovalev, K.D. Astanakulov et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2023. – Vol. 1284, No. 1. – P. 012026.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1284/1/012026>

23. Ковалев И.В. К вопросу формирования блочно-модульной структуры системы управления беспилотных летательных объектов / И.В. Ковалев, В.В. Лосев, М.В. Сарамуд и др. // Современные инновации, системы и технологии. – 2021. – Т. 1, № 3. – С. 54-71. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2021-1-3-48-64>
24. Saramud M.V. Software interfaces and decision block for the execution environment of multi-version software in real-time operating systems / M.V. Saramud, I.V. Kovalev, V.V. Losev, M.O. Petrosyan // International Journal on Information Technologies and Security. – 2018. – Vol. 10, No. 1. – P. 25-34.
25. Kovalev I.V. Analysis of system parameters in a microprocessor performance model of a swarm of agricultural spraying UAVs / I.V. Kovalev, D.I. Kovalev, K.D. Astanakulov et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2023. – Vol. 1284, No. 1. – P. 012030. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1284/1/012030>
26. Русаков М.А. Многоэтапный анализ архитектурной надежности в сложных информационно-управляющих системах: специальность 05.13.01 "Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям)": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Русаков Михаил Александрович. – Красноярск, 2005. – 168 с.
27. Ковалев И.В. Использование метода роя частиц для формирования состава мультиверсионного программного обеспечения / И.В. Ковалев, Е.В. Соловьев, Д.И. Ковалев и др. // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2013. – № 3. – С. 1-6.
28. Zhang Y. Research on Evolutionary Impetus and Path of Unmanned Farm / Y. Zhang, L. Liu, D. Li, M. Niu // Shandong Agric. Sci. – 2020. – Vol. 52. – P. 160-166.
29. Kovalev I.V. Analysis of the current situation and development trend of the international cargo UAVs market / I.V. Kovalev, A.A. Voroshilova, M.V. Karaseva // Journal of Physics: Conference Series : International Scientific Conference "Conference on Applied Physics, Information Technologies and Engineering - APITECH-2019", Krasnoyarsk, 25–27 September 2019 / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations; Polytechnical Institute of Siberian Federal University. – Vol. 1399. – Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2019. – P. 55095. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1399/5/055095>

30. Wu H. Cognitive WSN Control Optimization for Unmanned Farms Under the Two-Layer Game / H. Wu, X. Han, H. Zhu // IEEE Sens. J. – 2022. – Vol. 22. – P. 1775-1785.
31. Yuronen Y.P. The concept of creation of information system for environmental monitoring based on modern GIS-technologies and earth remote sensing data / Y.P. Yuronen, E.A. Yuronen, V.V. Ivanov et al. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Scientific and Research Conference on Topical Issues in Aeronautics and Astronautics (Dedicated to the 55th Anniversary from the Foundation of SibSAU), Krasnoyarsk, 06–10 April 2015. – Vol. 94. – Krasnoyarsk: Institute of Physics Publishing, 2015. – P. 012023. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/94/1/012023>
32. Liu W. Multi-UAV Cooperative Task Assignment Based on Orchard Picking Algorithm / W. Liu, X. Zheng, H. Garg // Int. J. Comput. Int. Syst. – 2021. – Vol. 14. – P. 1461.
33. Kovalev I. Cost-effectiveness analysis of the implementation of transport and technological cycles in the swarm use of agricultural UAVs / I. Kovalev, D. Kovalev, K. Astanakulov et al. // E3S Web of Conferences. – 2024. – Vol. 471. – P. 04017. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202447104017>
34. Li D. System Analysis and Development Prospect of Unmanned Farming / D. Li, L. Zhen // J. Agric. Mach. – 2020. – Vol. 51. – P. 1-12.
35. Wang T. From Smart Farming towards Unmanned Farms: A New Mode of Agricultural Production / T. Wang, X. Xu, C. Wang, Z. Li, D. Li // Agriculture. – 2021. – Vol. 11. – P. 145.
36. Gao S. Multi-UAV reconnaissance task allocation for heterogeneous targets using grouping ant colony optimization algorithm / S. Gao, J. Wu, J. Ai // Soft Comput. – 2021. – Vol. 25. – P. 7155-7167.
37. Meng K. Multi-UAV Collaborative Sensing and Communication: Joint Task Allocation and Power Optimization / K. Meng, X. He, Q. Wu, D. Li // IEEE Trans. Wirel. Commun. – 2023. – Vol. 22. – P. 4232-4246.
38. Ivanov L.I. Review of Modern UAV Detection Algorithms Using Methods of Computer Vision / L.I. Ivanov, N.A. Obukhova, P.S. Baranov // In Proceedings of the 2020 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIconRus), St. Petersburg and Moscow, Russia, 27–30 January 2020. – P. 322-325.

39. Bala J.A. Advances in Visual Simultaneous Localisation and Mapping Techniques for Autonomous Vehicles: A Review / J.A. Bala, S.A. Adeshina, A.M. Aibinu // Sensors. – 2022. – Vol. 22. – P. 8943.
40. Bala J.A. A Modified Visual Simultaneous Localisation and Mapping (V-SLAM) Technique for Road Scene Modelling / J.A. Bala, S. Adeshina, A.M. Aibinu // In Proceedings of the 2022 IEEE Nigeria 4th International Conference on Disruptive Technologies for Sustainable Development (NIGERCON), Lagos, Nigeria, 5–7 April 2022.

УДК 691.32

EDN [BJEQXW](#)

Применение наномодифицированных бетонов в объектах нефтегазовой отрасли

Д.А. Ляшенко*, В.А. Перфилов, Р.Э. Аверьянов, Д.А. Алфимов, К.Е. Булатов

Волгоградский государственный технический университет институт архитектуры и строительства, ул. Академическая, д. 1., Волгоград, 400074, Россия

*E-mail: dmitiry.lyashenko@yandex.ru

Аннотация. Одним из приоритетных направлений строительного материаловедения для объектов нефтегазового комплекса является получение материалов, имеющие повышенные эксплуатационные характеристики. Одним из наиболее часто используемых строительных материалов является бетон, различного функционального направления. В статье представлены литературные данные по применению наномодифицирующих добавок для бетонов. Рассмотрено влияние применения комплексной добавки для бетонов включающую в себя суперпластификатор СП-3 и углеродные нанотрубки «Таунит-М». Основной проблемой применения наноразмерных добавок является их равномерное распределение по всему объему смеси. Это связано с их малым содержанием в бетоне и склонностью наноразмерных частиц к образованию агрегатов. Введение добавок в воду затворения предлагается с помощью применения ультразвукового диспергатора «УЗГ13-01/22» с рабочей частотой 22 кГц в течение 3-5 минут. Произведен подбор оптимального количества пластифицирующей добавки исходя из подвижности смеси. Для исследования влияния комплексной добавки на эксплуатационные характеристики бетона была подготовлена серия из 11 образцов мелкозернистого бетона с различным содержанием наномодифицирующей добавки в количестве от 0,001% до 0,01% по массе вяжущего. Определено положительное влияние комплексной добавки на прочностные характеристики мелкозернистого бетона. Помимо повышения прочности бетона установлено улучшение интенсивности набора прочности в ранние сроки твердения.

Ключевые слова: наномодифицированный бетон, углеродные нанотрубки, суперпластификатор, ультразвуковое диспергирование

The use of nanomodified concretes in the oil and gas industry

D.A. Lyashenko*, V.A. Perfilov, R.E. Averyanov, D.A. Alfimov, K.E. Bulatov

Volgograd State Technical University Institute of Architecture and Construction, Akademicheskaya str., 1., Volgograd, 400074, Russia

*E-mail: dmitiry.lyashenko@yandex.ru

Abstract. One of the priority areas of construction materials science for oil and gas facilities is the production of materials with increased operational characteristics. One of the most commonly used building materials is concrete, of various functional types. The article presents the literature data on the use of nanomodifying additives for concrete. The influence of the use of a complex additive for concrete, including the superplasticizer SP-3 and carbon nanotubes "Taunit-M", is considered. The main problem of using nanoscale additives is their uniform distribution over the entire volume of the mixture. This is due to their low content in concrete and the tendency of nanoscale particles to form aggregates. The introduction of additives in to the mixing water is proposed using the ultrasonic dispersant "UZG13-01/22" with an operating frequency of 22kHz for 3-5 minutes. The optimal amount of plasticizing additive was selected based on the mobility of the mixture. To study the effect of a complex additive on the performance characteristics of concrete, a series of 11 samples of fine-grained concrete with various nanomodifying additive contents in the amount from 0.001% to 0.01% by weight of the binder was prepared. The positive effect of the complex additive on the strength characteristics of fine-grained concrete has been determined. In addition to increasing the strength of concrete, an improvement in the intensity of strength gain in the early stages of hardening has been established.

Keywords: nanomodified concrete, carbon nanotubes, superplasticizer, ultrasonic dispersion.

1. Введение

При современном строительстве промышленных зданий и сооружений в том числе объектов нефтегазовой отрасли зачастую применяется монолитные железобетонные конструкции, получаемые из тяжелого бетона, отличающегося плотной структурой. Разработка различных составов бетонов должно определяться заданными свойствами, которые учитывают физико-химические, эксплуатационные и технологические факторы [1]. Определение количественной оценки указанных характеристик связано напрямую с видом и составом бетонов, а также условиями, в которых материал набирает прочность. Таким образом исследование различных свойств бетонов рекомендуется производить путем комплексной оценки параметров. Основной характеристикой бетона, влияющей на прочностные характеристики, а в особенности на прочность при сжатии влияют его микро- и макроструктура. Их формирование обусловлено рациональным подбором компонентов смеси совместно с модификаторами [2-4].

2. Постановка задачи (Цель исследования)

Тяжелые бетоны применяют при строительстве, ремонте и эксплуатации различных железобетонных конструкций объектов нефтегазовой отрасли. Зачастую в суровых климатических условиях климатического региона. В связи с этим в данных условиях рекомендуется применять бетоны с повышенными эксплуатационными характеристиками, а также бетоны, набирающие большую прочность в начальные сроки твердения. Помимо этого, для разработки указанных смесей основанием может служить образование различного рода дефектов, образующиеся при возведении и эксплуатации железобетонных конструкций объектов нефтегазовой отрасли.

В настоящее время при возведении массивных сооружений гидротехнических и нефтегазовых сооружений, а также других объектов нефтегазовой отрасли используют тяжелые бетоны. Помимо этого, укладка в опалубку подразумевает применение бетонных смесей с достаточной подвижностью. В связи с этим актуальной задачей является использование комплексных добавок, улучшающих реологические свойства бетонной смеси, а также повышающих эксплуатационные характеристики готового материала, и как в начальных, так и в конечных сроках твердения.

Для достижения требуемых характеристик бетона, применяют комплексные модифицирующие добавки, снижающие водоцементное отношение смеси и повышающие прочностные характеристики бетона [5].

В настоящее время все появляются разработки, направленные на использование наномодификаторов [6-7]. В связи с этим актуальным вопросом является исследование и создание новых технологий и приемов, которые способны на управление структуры бетона на нано- и микроуровнях. Однако наиболее эффективные способы получения наномодифицирующих добавок в настоящее время имеют высокие энергозатраты [8]. Таким образом, поиск наиболее эффективных и в тоже время экономически выгодных способов наномодифицированных бетонов является актуальной задачей.

Задачей данной работы является разработка комплексной модифицирующей добавки, позволяющей увеличить подвижность бетонной смеси без повышения водоцементного отношения, а также для повышения прочности бетона в ранних и конечных сроках твердения.

3. Методы и материалы исследования

Были разработаны составы мелкозернистого бетона на основе портландцемента, мелкого заполнителя и модифицирующих добавок. В качестве исходных материалов применялись: портландцемент производства ЗАО «Евроцемент» марки М500Д0, кварцевый песок, суперпластификатор «СП-3», углеродные нанотрубки «Таунит-М». Добавка СП-3 представляет собой суперпластификатор на основе натриевых солей и полиметиленафталинсульфокислов, а также лигносульфанатов. Введение данной добавки позволяет снизить количество воды затворения на 20% и более. Наномодифицирующая добавка «Таунит-М» представляет собой наноразмерные нитевидные трубки поликристаллического графита, имеющие цилиндрическую форму с внутренним каналом. Углеродные нанотрубки имеют следующие размеры: внешний диаметр 10-30 нм, внутренний диаметр 5-15 нм, длина 3-5 мкм.

Для исследования влияния добавок на характеристики бетона производился подбор пластификатора по пластичности раствора. Таким образом, без потери подвижности применение 0,5 % пластификатора СП-3 по массе вяжущего позволило сократить количество воды затворения на 21 %. Была приготовлена серия из 11 составов бетона с различным содержанием УНТ.

Технология приготовления образцов имела следующий вид: В воду затворения вводилось расчетное количество углеродных нанотрубок и суперпластификатора. Размешивание компонентов в воде производилось с помощью ультразвукового диспергатора УЗГ13-01/22. Данный прибор генерирует ультразвуковое колебание с частотой 22 кГц. В воду затворения устанавливался рабочий элемент ультразвукового диспергатора и происходила обработка ультразвуком в течение 3-5 минут. Полученную суспензию вводили в заранее размешанные сухие компоненты смеси и производили их смешивание до получения однородной смеси для дальнейшей формовки образцов согласно ГОСТ 30744. Все образцы хранились в нормальных условиях твердения, на 7 и 14 сутки набора прочности для каждого образца определялся предел прочности при сжатии с помощью неразрушающего ультразвукового прибора «Пульсар 1.2». На 28 сутки каждый образец испытывали на прессах для контрольного определения прочности материала.

4. Полученные результаты

Для 11 составов было получено по 3 образца с различным содержанием УНТ. Наномодификатор вводился в количестве от 0,001% до 0,01% по массе цемента. Также были приготовлен контрольный состав без включения нанотрубок. Составы имели следующий вид: Ц:П – 1:3, В/Ц – 0,38, СП-3 – 0,5 % по массе вяжущего и «Таунит-М» в различном количестве.

Таблица 1. Прочностные характеристики мелкозернистого бетона.

Состав	Таунит-М, % по м. цемента	$R_{сж}$ 7 сут., МПа	$R_{сж}$ 14 сут., МПа	$R_{сж}$ 28 сут., МПа
1 Контр.сост	0	37,4	40	41,8
2	0,001	40,2	41,9	46,6
3	0,002	41	41,9	44,7
4	0,003	40,8	43,6	48,1
5	0,004	42,2	43,8	46,9
6	0,005	42,9	44,7	48,7
7	0,006	42,5	45,6	47,8
8	0,007	42,8	45	48,7
9	0,008	42,1	44,5	48,3
10	0,009	41,9	44,5	48,2
11	0,01	44,1	45,4	49,5

Из таблицы показателей видно, что минимальное количество вводимой добавки УНТ повысило прочность мелкозернистого бетона на 11%. Максимальное увеличение прочности было у состава 11 и составило 16%. Стоит отметить, что введение среднего количества добавки позволило повысить показатель прочности на 15%. Из-за незначительной разницы значений, можно сделать вывод, что введение УНТ в количестве 0,005-0,01% имеет одинаковый эффект.

Рисунок 1 отображает положительное изменение набора прочности бетона. Наномодифицированные образцы бетона к 28 суточному возрасту имели большую интенсивность набора предела прочности при сжатии, чем у контрольного состава.

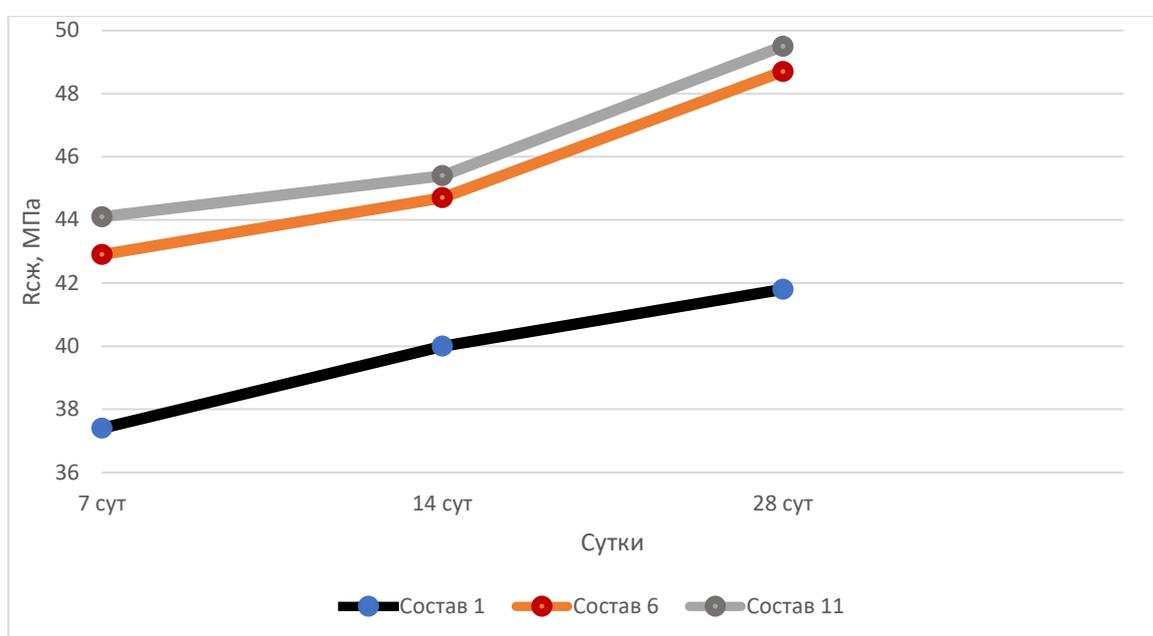


Рисунок 1. Характер набора прочности мелкозернистого бетона.

5. Выводы

Экспериментально определено что оптимальное количество вводимых УНТ составило 0,005% по массе цемента. Совместное введение пластификатора СП-3 и УНТ в воду затворения положительно сказывается на распределении нанотрубок по всему объему смеси за счет поверхностно-активных сил. Введение комплексной добавки позволило повысить прочность мелкозернистого бетона на 15% и выше. Также наблюдается прирост прочности на ранних сроках твердения бетона и повышение интенсивности набора его прочности.

Повышение прочности происходит за счет того, что наноразмерные трубки в малой концентрации равномерно распределяются по всему объему смеси и выступают в

качестве дополнительных центров кристаллизации. За счет этого образуется более плотная структура мелкозернистого бетона.

Список литературы

1. Паламарчук А.А. Полимерные бетоны - перспективные строительные материалы / А.А. Паламарчук, О.А. Шишакина, Д.В. Кочуров, А.Г. Аракелян // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 6. – С. 8.
2. Фахратов М.А. Перспективы применения наноструктурированного бетона в строительстве / М.А. Фахратов, В.О. Евдокимов, А.С. Бородин. // Инженерный вестник дона. – 2018. – №3. – С. 124.
3. Моисеева В.И. Нанотехнологии в области производства строительных материалов / В.И. Моисеева, Я.В. Пирогова, М.Е. Тюменцев, П.А. Паньков // Инновации и инвестиции. – 2019. – № 11. – С. 293–297.
4. Сахибгареев Р.Р. Физико-химические аспекты применения модифицированных бетонов / Р.Р. Сахибгареев. // Строительные материалы – 2007. – № 7. – С.72- 73.
5. Машенко К.Г. Модификаторы – шаг к повышению качества бетонов и растворов / К.Г. Машенко // Строительные материалы. – 2004. – № 6. – С. 62-63.
6. Перфилов В.А. Применение модифицирующих нанодобавок для повышения прочности фибробетонов / В.А. Перфилов, У.В. Алаторцева, М.И. Дмитрук, И.Л. Жога // «Известия ВУЗов. Строительство», г. Новосибирск. – 2009. – № 8. – С. 17-19.
7. Нуртдинов М.Р. Мелкозернистые бетоны, модифицированные нановолокнами Al₂O₃ и Al₂O₃ / М.Р. Нуртдинов, В.Г. Соловьев, А.Ф. Бурьянов. // Construction materials. – 2015. – № 2. – С. 4.
8. Фахратов М.А. Перспективы применения наноструктурированного бетона в строительстве / М.А. Фахратов, В.О. Евдокимов, А.С. Бородин // Инженерный вестник дона. – 2018. – №3. – С 124. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5127

УДК 004.4'22

EDN [YQGYFQ](#)

Моделирование процесса создания бортового программного обеспечения в нотации IDEF0

А.В. Наумова^{1*}, Е.Д. Агафонов²

¹АО "Информационные спутниковые системы" имени академика М.Ф. Решетнёва" ул. Ленина, д. 52, ЗАТО Железнодорожск, г. Железнодорожск, Красноярский край, 662972, Россия

²Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, пр. им. газеты Красноярский рабочий, 31, Красноярск, 660037, Россия

*E-mail: naumovaav@iss-reshetnev.ru

Аннотация. Работа посвящена разработке бортового программного обеспечения (БПО) с использованием нотации IDEF0. В данной статье будут рассмотрены ключевые этапы разработки, начиная от определения целей и задач и заканчивая тестированием и эксплуатацией системы. В статье продемонстрировано, как нотация IDEF0 помогает определить функции, ресурсы и взаимодействия, необходимые для успешного создания БПО, а также визуализировать исследуемый процесс.

Ключевые слова: разработка, процесс, нотация IDEF0, модель, контроль, механизмы, бортовое программное обеспечение.

Modeling the process of creating on-board software in IDEF0 notation

A.V. Naumova¹, E.D. Agafonov^{2*}

¹"Information satellite Systems" named after Academician M.F. Reshetnev", Lenin str., 52, Zheleznogorsk, Krasnoyarsk Territory, Russia, 662972

²Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk worker ave., Krasnoyarsk, 660037, Russia

*E-mail: naumovaav@iss-reshetnev.ru

Abstract. The work is devoted to the development of on-board software using the IDEF0 notation. This article will cover the key stages of development, starting from defining goals and objectives and ending with testing and operation of the system. The article demonstrates how the IDEF0 notation helps to identify the functions, resources and interactions necessary for the successful creation of a BPO, as well as to visualize the process under study.

Keywords: development, process, IDEF0 notation, model, control, mechanisms, on-board software.

1. Введение

С увеличением числа спутников, запускаемых в космическое пространство, разработка эффективного и надежного бортового программного обеспечения является актуальной задачей для аэрокосмической отрасли. Бортовое программное обеспечение (ПО) служит основным компонентом космического аппарата (КА), обеспечивающим управление функциональными системами спутника, позволяющим выполнять его миссии и обрабатывать данные. Поэтому создание надежного и высококачественного ПО является критически важным.

В условиях сложной и многоуровневой среды, где осуществляется взаимодействие различных систем и процессов, использование структурированных методик разработки становится жизненно важным и необходимым. Одной из таких методик является нотация IDEF0, которая предоставляет возможность наглядно моделировать процессы, акцентируя внимание на функциях, входных и выходных данных, а также на взаимодействиях между элементами сложной системы.

2. Цель разработки ПО

Создание КА не может обойтись без тщательной разработки бортового программного обеспечения (БПО), которое играет одну из самых важных ролей в обеспечении функциональности и надежности космического аппарата.

Традиционный цикл разработки программного обеспечения для таких систем включает в себя несколько ключевых этапов [1, 2]:

- определение требований к ПО системы;
- разработка архитектурного проекта ПО системы;
- разработка и автономное тестирование (АТ) программного обеспечения (ПО) системы;
- системное тестирование (СТ) ПО системы в режимах системы;
- СТ ПО в режимах КА;
- сопровождение ПО системы.

Представленные этапы позволяют организовать процесс разработки и гарантировать высокое качество ПО, что критично для успешной работы космического аппарата в условиях космического пространства.

3. Модель разработки БПО

Контекстная диаграмма разработки БПО представляет собой высокоуровневый обзор системы и показывает взаимодействие исследуемого процесса с внешними элементами. Процесс изготовления БПО в нотации IDEF0 представлен на рисунке 1 [3].

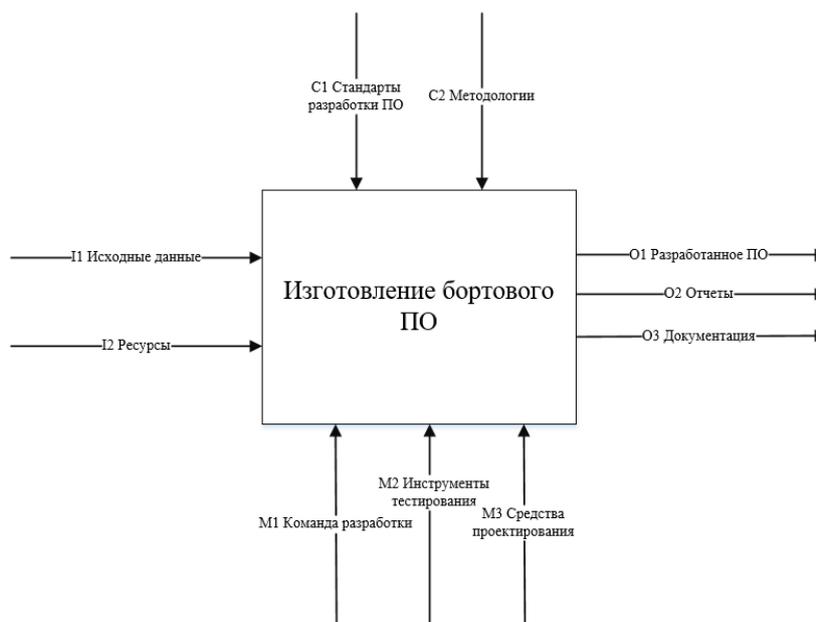


Рисунок 1. Контекстная диаграмма с ICOM-метками.

В представленной диаграмме два входа:

- исходные данные – анализ требований, получаемых от заказчиков;
- ресурсы: люди, инструменты и технологии, используемые в процессе разработки.

Выходами являются:

- разработанное ПО;
- отчеты;
- документация.

Контроль данного процесса осуществляют:

- стандарты разработки ПО;
- методологии.

Механизмы:

- команда разработки: группа аналитиков, программистов и архитекторов;
- инструменты тестирования – программные и аппаратные средства, используемые для тестирования разрабатываемого ПО;

- средства проектирования – инструменты и технологии, используемые для проектирования архитектуры и пользовательских интерфейсов.

Данная контекстная диаграмма позволяет наглядно разобраться, как взаимодействуют различные компоненты процесса, более подробно поможет разобраться диаграмма декомпозиции [4].

4. Процесс разработки бортового ПО

Для создания диаграммы декомпозиции в нотации IDEF0 основной процесс изготовления бортового ПО делится на 6 подпроцессов, рисунок 2.

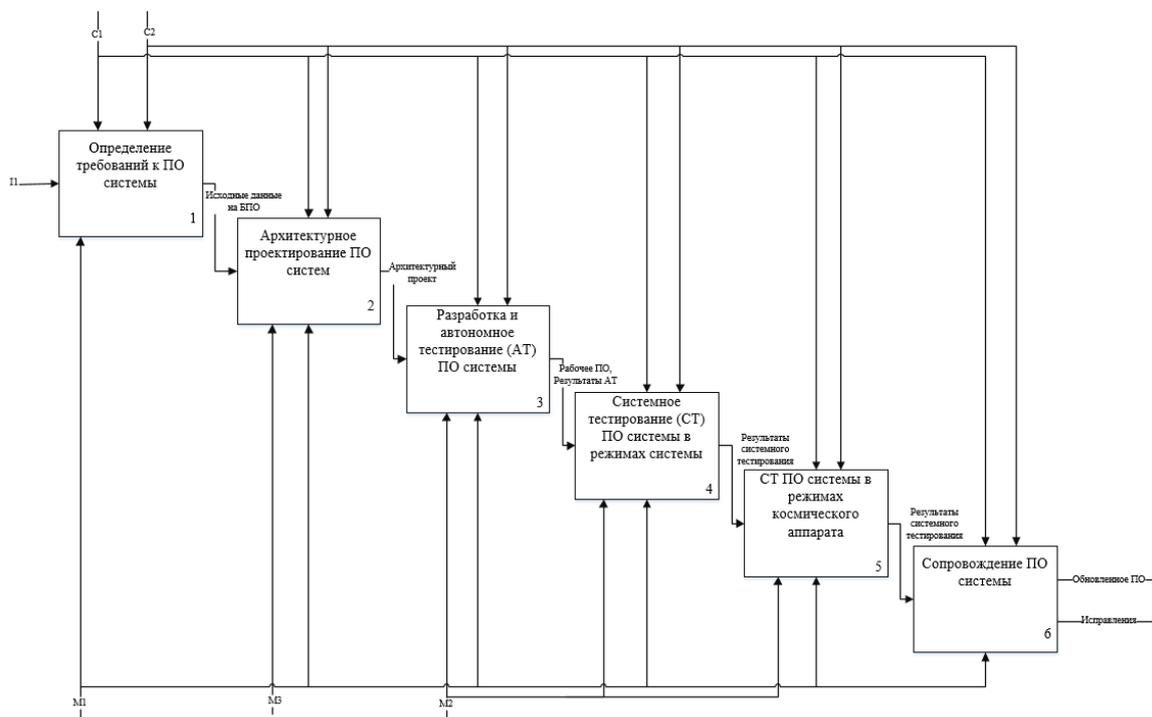


Рисунок 2. Диаграмма декомпозиции первого уровня процесса создания БПО.

Представленный процесс включает в себя 6 этапов [5]:

1. Определение требований к ПО системы

- входы: исходные данные;
- выходы: исходные данные на БПО;
- контроль: стандарты разработки и методологии;
- механизмы: команда разработки.

2. Разработка архитектурного проекта ПО системы:

- входы: исходные данные, включающие спецификацию требований;

- выходы: архитектурный проект;
- контроль: архитектурные стандарты и методологии;
- механизмы: команда разработки, средства проектирования.

3. Разработка и автономное тестирование ПО системы:

- входы: архитектурный проект;
- выходы: рабочее ПО, результаты тестирования;
- контроль: стандарты разработки и методологии;
- механизмы: разработчики ПО и инструменты тестирования.

4. Системное тестирование ПО системы в режимах системы:

- входы: рабочее ПО, результаты АТ тестирования;
- выходы: результаты системного тестирования;
- контроль: стандарты и методологии тестирования;
- механизмы: тестировщики и инструменты тестирования.

5. Системное тестирование ПО системы в режимах космического аппарата:

- входы: рабочее ПО, результаты системного тестирования;
- выходы: результаты тестирования в космических режимах;
- контроль: стандарты и методологии тестирования для космических приложений;
- механизмы: команда специалистов и инструменты тестирования.

6. Сопровождение ПО системы:

- входы: результаты тестирования;
- выходы: обновления ПО, исправления;
- контроль: стандарты и методологии сопровождения БПО;
- механизмы: команда сопровождения.

В нотации IDEF0 отсутствует возможность отображения обратных связей, что затрудняет визуализацию исследуемого процесса. Однако важно подчеркнуть, что обратная связь является критически важным элементом для повышения качества и гибкости разрабатываемого продукта.

Каждый из представленных подпроцессов играет ключевую роль в обеспечении успешной разработки программного обеспечения и охватывает все необходимые этапы от определения требований до сопровождения готового продукта.

Декомпозиция процесса позволяет более детально анализировать и управлять каждым этапом, что, в свою очередь, повышает качество продукта.

5. Выводы

Таким образом, использование нотации IDEF0 для моделирования традиционного цикла разработки бортового программного обеспечения помогает лучше понять взаимосвязи между этапами и вовлеченными участниками процесса, а также создаст условия для будущих улучшений. В перспективе планируется интеграция USE-case диаграмм и более детальная проработка каждого из подпроцессов, что позволит значительно оптимизировать технологию разработки. Это, в свою очередь, будет способствовать более качественному созданию бортового ПО.

Список литературы

1. Ноженкова, Л.Ф. Метод системного моделирования бортовой аппаратуры космического аппарата / Л.Ф. Ноженкова, О.С. Исаева, Е.А. Грузенко // Вычислительные технологии. – 2015. – Т. 20, № 3. – С. 33-45.
2. Антоненко, А. С. Модельно-ориентированная разработка бортового программного обеспечения многозвенного манипулятора в SimInTech / А.С. Антоненко, Н.А. Барышников // Перспективные системы и задачи управления: Материалы XVII Всероссийской научно-практической конференции и XIII молодежной школы-семинара, п. Домбай, 04–08 апреля 2022 года. – Таганрог: ИП Марук М.Р, 2022. – С. 106-115.
3. Федорова, Л.А. Практические вопросы идентификации и регламентации бизнеспроцессов на предприятиях ракетно-космической отрасли / Л.А. Федорова, А.В. Горбатова // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2019. – Т. 7, № 3. – С. 61-65.
4. Курганов, С. А. информационная поддержка процессов продажи программного обеспечения на основе функциональных моделей / С. А. Курганов, А. С. Кузнецов // Нанотехнологии: наука и производство. – 2024. – № 3. – С. 14-25.
5. Ломаев, Ю.С. Применение лабораторно-отрабочного образца для оптимизации разработки бортового программного обеспечения / Ломаев Ю.С., Иванов И.А. // Успехи современной радиоэлектроники. 2017 № 12. – М.: С.146-149.

УДК 004.624

EDN [JCVVCV](#)

Сравнительный обзор BI-платформ: Apache Superset и Visiology с учетом актуальных проблем бизнеса

Е.С. Кравченко*, Л.В. Липинский

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, просп. Им. газ. «Красноярский рабочий», 31, Красноярск, 660037, Россия

*E-mail: L.C.Kravchenko@yandex.ru

Аннотация. В современном бизнесе принятие обоснованных решений на основе данных стало ключевым фактором успеха. С увеличением объемов информации и сложности данных компании ищут эффективные инструменты для анализа и визуализации. Бизнес-аналитика (BI) платформы играют важную роль в этом процессе, позволяя организациям преобразовывать сырые данные в ценные инсайты. В этой статье мы проведем сравнительный обзор двух популярных BI-платформ: Apache Superset и Visiology.

Ключевые слова: Business Intelligence (BI), данные, информационное общество, бизнес-процесс, визуализация данных, бизнес.

Comparative review of BI platforms: Apache Superset and Visiology taking into account current business issues

E.S. Kravchenko*, L.V. Lipinsky

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, 31, Krasnoyarskii Rabochii prospekt, Krasnoyarsk, 660037, Russia

*E-mail: L.C.Kravchenko@yandex.ru

Abstract. In modern business, making informed decisions based on data has become a key success factor. With the increasing volume of information and complexity of data, companies are looking for effective tools for analysis and visualization. Business intelligence (BI) platforms play an important role in this process, enabling organizations to transform raw data into valuable insights. In this article, we will conduct a comparative review of two popular BI platforms: Apache Superset and Visiology.

Keywords: Business Intelligence (BI), data, information society, business process, data visualization, business.

1. Введение

В информационном обществе данные стали критически важным активом для бизнеса. Для эффективного управления и роста компании необходимо иметь доступ к актуальной и полной информации. Именно в этом контексте технологии Business Intelligence играют ключевую роль. Business Intelligence включает в себя совокупность стратегий и технологий, которые компании используют для анализа своей деятельности, выявления сильных и слабых сторон, а также для прогнозирования основных бизнес-показателей и потенциальных направлений развития [1].

На сегодняшний день существуют достаточно большое количество BI-технологий с различным уровнем готовности и целым комплексом функций, реализуемых как мировые IT-компании, такие как Microsoft и IBM, так и небольшие IT-компании, которые специализируются на разработке BI платформ [2]. Перед разработчиками BI-платформ стоит следующая задача – удовлетворить потребность обработки аналитических данных, как для начинающих пользователей, так и для продвинутых специалистов в области IT.

2. Материалы и методы

Среди BI-платформ, доступных на рынке, особое внимание сейчас заслуживают Apache Superset и Visiology. Apache Superset - это мощный инструмент с открытым исходным кодом, который предлагает широкие возможности для визуализации и анализа данных, а также гибкость в кастомизации и интеграции с различными источниками. В свою очередь, Visiology ориентирована на российский рынок и предлагает решения, адаптированные под местные условия и потребности бизнеса, что делает её привлекательной для отечественных компаний [3].

3. Результаты и обсуждение

В данном разделе представлен сравнительный анализ BI-платформ, результаты которого сгруппированы в Таблице 1.

Таблица № 1. Сравнительный анализ платформ.

Показатель	Visiology	Apache Superset
Обучение и тех.поддержка		
Обучающие материалы	Документация доступна на официальном сайте на русском языке. Курсы есть.	Документация доступна на офиц. сайте только на английском языке. Курсов нет в открытом доступе.
Тех.поддержка	Да, техподдержка работает быстро.	Техподдержки нет.
Знания для использования BI-платформы		
Знания и умение для создания дашборда	Знания SQL, знания JS для продвинутого форматирования.	Знания SQL.
Загрузка данных		
Загрузка данных с помощью Excel-файлов и CSV-файлов	Да, есть.	Нет
Загрузка данных с помощью JDBC (внешние источники)	Да, есть.	Да, есть.
Загрузка данных из сетевого хранилища	Да, есть.	Нет
Формирование модели данных для визуализации и расчет метрик		
Модели данных	Модель данных «Снежинка» в данной версии платформы не поддерживается. Поддерживается только «Звезда» и «Созвездие».	Нет возможности построить модель данных.
Используемые связи	Связь возможна только отношениями «один ко многим» (1:*).	Нет возможности настроить связи.
Предобработка данных		
Работа с таблицами	Создание таблиц, добавление или удаление столбцов, а также выполнение различных операций с таблицами не предусмотрены.	Создание таблиц, добавление или удаление столбцов, а также выполнение различных операций с таблицами не предусмотрены.
Обработка данных в таблице	Для обработки данных из внешнего источника требуются знания SQL.	Для обработки данных из внешнего источника требуются знания SQL.
Работа с таблицей Календарь	Нельзя создать общий календарь.	Нельзя создать общий календарь.

<i>Визуализация виджетов</i>		
Создание и настройка виджета	Для стандартной визуализации можно применять внутренние настройки программы, но для улучшения визуализации следует использовать стили виджетов в формулах на JavaScript.	Для визуализации доступно более 50 различных виджетов.
Настройка фильтров	Есть разновидность фильтров: «Фильтр» и «Фильтр по датам».	Разновидностей фильтров нет.
<i>Ролевая модель</i>		
Роли доступа к просмотру дашборда	Ролевая модель есть в программе.	Ролевая модель есть в программе.

В ходе проведенного сравнительного обзора BI-платформ Apache Superset и Visiology, проанализированы их ключевые характеристики, функциональные возможности и соответствие актуальным потребностям бизнеса. Оба решения демонстрируют высокую эффективность в области визуализации и анализа данных, однако каждое из них предлагает уникальные преимущества, которые могут удовлетворять различные запросы организаций.

Apache Superset, обладая открытым исходным кодом и гибкостью в интеграции с различными источниками данных, идеально подходит для компаний, стремящихся к кастомизации и быстрой адаптации инструментов анализа [4]. Его мощные функции визуализации и активное сообщество разработчиков делают его привлекательным выбором для бизнеса, ориентированного на инновации и технологические решения.

С другой стороны, Visiology, с оптимизированной версией ClickHouse в качестве встроенного хранилища данных, предлагает пользователям высокую производительность и возможность быстрого развертывания [5]. Это делает платформу особенно актуальной для кредитных учреждений и финансовых компаний, которым необходима надежная и масштабируемая система для обработки больших объемов данных в реальном времени.

4. Заключение

В заключение, выбор между Apache Superset и Visiology должен основываться на конкретных потребностях и стратегических целях бизнеса. Компании, рассматривающие

возможности BI, должны внимательно оценить свои требования к функциональности, производительности и гибкости, чтобы сделать обоснованный выбор, который позволит им эффективно использовать данные для принятия решений и достижения конкурентных преимуществ на рынке.

Список литературы

1. Сысоева Е.А. Анализ рынка BI-систем / Е.А. Сысоева // Дневник науки. – 2019. – № 4(28). – С. 54.
2. Головина Т.А. Развитие технологий бизнес-аналитики на основе концепции Business Intelligence / Т.А. Головина // Известия ТулГУ. Экономические и юридические науки. – 2014. – № 5-1.
3. Мамедова Н.Г. Анализ данных бизнес-аналитики для организаций в современном мире / Н.Г. Мамедова. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2022. – № 24 (419). – С. 63-65.
4. Qiu Yu. TSQUALITY: measuring time series data quality in Apache IOTDB / Yu. Qiu, Ch. Fang, Sh. Song, X. Huang, Ch. Wang, J. Wang // Proceedings of the VLDB Endowment. – 2023. – Т. 16. – № 12. – P. 3982-3985.
5. Коробкин Д.М. Анализ патентного массива с использованием связки ClickHouse и HDFS / Д.М. Коробкин, С.А. Фоменков, С.А. Козина, А.Б. Голованчиков // Математические методы в технологиях и технике. – 2023. – № 3. – С. 94-99. https://www.doi.org/10.52348/2712-8873_MMTT_2023_3_94

УДК 336.76

EDN [AWBFQX](#)

Сравнительный анализ волатильности финансовых инструментов фондового рынка в зависимости от ESG-критериев

А.О. Володина*, **М.Б. Траченко**

Государственный университет управления, Рязанский пр-т, д. 99, Москва, 109542, Россия

*E-mail: ao_volodina@guu.ru

Аннотация. Работа посвящена сравнительному анализу волатильности доходности ESG-индексов и индексов, которые не формируются на основе экологических, социальных и управленческих факторов. Проведен анализ объема выбросов в доходности за период 2022–2023 гг. рыночных индексов семи стран - Гонконга, Дании, Египта, Канады, Норвегии, США и Франции. Таким образом, в анализ включены страны таких регионов как Америка, Европа, Ближний Восток и Азиатско-Тихоокеанский. За период 2022–2023 гг. осуществлен анализ волатильности основных индексов указанных стран, а также ESG-индексов, на основе показателей удельного веса количества выбросов в доходности. Результаты сравнительного анализа волатильности финансовых инструментов фондового рынка в зависимости от ESG-критериев показали, что даже при условии того, что выборка в большинстве представлена странами, объем выбросов у которых составляет менее 5%, доходность ESG-индексов подвержена более высокой волатильности по сравнению с ESG-нейтральными индексами. Превышения варьируются в пределах 1,8%. Таким образом, следование повестке концепции устойчивого развития и учет ESG-критериев в деятельности компаниями не позволяет инвесторам снизить риски при вложении своих средств в акции таких компаний.

Ключевые слова: устойчивое развитие, волатильность, риск, доходность, рыночные индексы.

Comparative analysis of volatility of financial instruments of the stock market depending on ESG criteria

A.O. Volodina*, **M.B. Trachenko**

State University of Management, Ryazan Ave., 99, Moscow, 109542, Russia

*E-mail: ao_volodina@guu.ru

Abstract. The work is devoted to a comparative analysis of the volatility of the profitability of ESG indices and indices that are not formed on the basis of environmental, social and managerial factors. The analysis of the volume of emissions in profitability for the period 2022-2023 of the market indices of seven countries - Hong Kong, Denmark, Egypt, Canada, Norway, the USA and France. Thus, the analysis includes countries from regions such as America, Europe, the Middle East and Asia-Pacific. For the period 2022-2023. The volatility of the main indices of these countries, as well as ESG indices, is analyzed based on the indicators of the share of emissions in profitability. The results of a comparative analysis of the volatility of financial instruments of the stock market depending on ESG criteria showed that even if the sample is mostly represented by countries with emissions of less than 5%, the profitability of ESG indices is subject to higher volatility compared with ESG-neutral indices. The exceedances range from 1.8%. Thus, following the agenda of the concept of sustainable development and taking into account ESG criteria in the activities of companies does not allow investors to reduce risks when investing their funds in shares of such companies.

Keywords: sustainable development, volatility, risk, profitability, market indices.

1. Введение

При осуществлении инвестиций ключевыми критериями выбора финансовых инструментов являются соотношение риска и доходности. В зависимости от стратегии, которой придерживается инвестор, принимаются решения об инвестировании. Если рассматривать финансовые инвестиции и, в частности, фондовый рынок, то наиболее актуальными зачастую выступают такие финансовые инструменты как акции и облигации компаний. Однако в целях диверсификации рисков все большее развитие получают инвестиционные фонды и индексные инвестиции. Формирование рыночных индексов может осуществляться по различным характеристикам – отрасли, размеру компании, страновому аспекту и т.д. Одним из таких критериев выступают ESG-факторы. Многие страны, стремящиеся к следованию концепции устойчивого развития обязывают компании учитывать в деятельности экологические, социальные и управленческие факторы, а также формировать отчетность по результатам деятельности в данных областях. Кроме того, ученые в своих работах приходят к выводу, что инвесторы скорее отдадут предпочтение компаниям, которые учитывают ESG-факторы в процессе осуществления своей деятельности [1,2]. Исследованиями также подтверждается наибольшая доходность ESG-инструментов в сравнении с альтернативными, не учитывающими экологические, социальные и управленческие факторы [3]. Однако являются ли такие инвестиции менее рискованными, либо с ростом доходности увеличивается и риск таких инвестиций – остается дискуссионным моментом в научной литературе.

2. Постановка задачи (Цель исследования)

В условиях российского фондового рынка представлен сектор устойчивого развития, который в основном представлен зелеными облигациями, составляющими 52,94% от всех облигаций в данном секторе, а также социальными облигациями (11,76%) и облигациями устойчивого развития (около 12%). Однако данный сектор находится в стадии развития и включает лишь 34 ценные бумаги в обращении со средней доходностью 10,44%. Помимо облигаций, следует рассмотреть индексы акций, которых в настоящее время на рынке 4. В данные индексы включаются ценные бумаги компаний, учитывающих в своей деятельности показатели устойчивого развития. Однако, в условиях российского рынка, что рыночный индекс Московской биржи, что ESG-индексы включают в себя наиболее крупные компании и схожи по своему составу. Так,

с начала года индекс Московской биржи упал на 8,34%, а падение ESG-индексов варьируется от -6,65% до -13,26% [4]. За период 2022–2024 гг. российский рынок характеризуется как высоко волатильный, а также в структуре эмитентов происходят изменения – уход компаний с рынка и IPO новых, поэтому авторами рассматриваются зарубежные страны для сравнительного анализа. А именно цель состоит в сравнении волатильности ESG-индексов и индексов, которые не формируются на основе экологических, социальных и управленческих факторов (ESG-нейтральных).

3. Методы и материалы исследования

В настоящей работе проведен анализ рыночных индексов 7 стран – Гонконга, Дании, Египта, Канады, Норвегии, США и Франции [5]. Таким образом, в анализ включены страны таких регионов как Америка, Европа, Ближний Восток и Азиатско-Тихоокеанский. За период 2022–2023 гг. осуществлен анализ волатильности основных индексов указанных стран, а также ESG-индексов, на основе показателей удельного веса количества выбросов в доходности.

4. Полученные результаты

На рисунке 1 представлены данные о проценте выбросов в выборке за 2022 г. и 2023 г. в индексах, в основе формирования которых не заложены ESG-критерии.

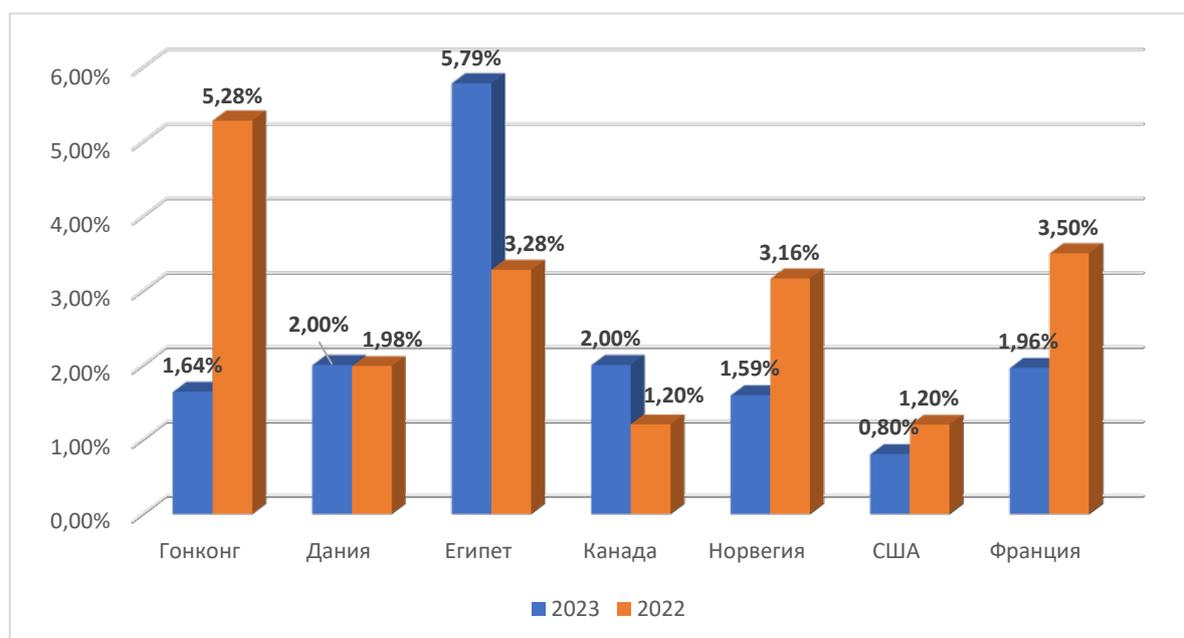


Рисунок 1. Волатильность ESG-нейтральных рыночных индексов на основе процента выбросов в выборке за 2022 г. и 2023 г.

На основе данных, представленных на рисунке 1, можно сделать вывод о том, что в доходности рассмотренных стран объем выбросов в большинстве случаев не превышает 5% порога при среднем количестве 250 торговых дней в году, за исключением Египта в 2023 г. и Гонконга в 2022 г. В четырех из семи стран наблюдается положительная динамика по объему выбросов, то есть они сокращаются, что говорит о снижении волатильности за анализируемый период. Однако для подтверждения выявленной динамики следует осуществить анализ на более длительном промежутке времени.

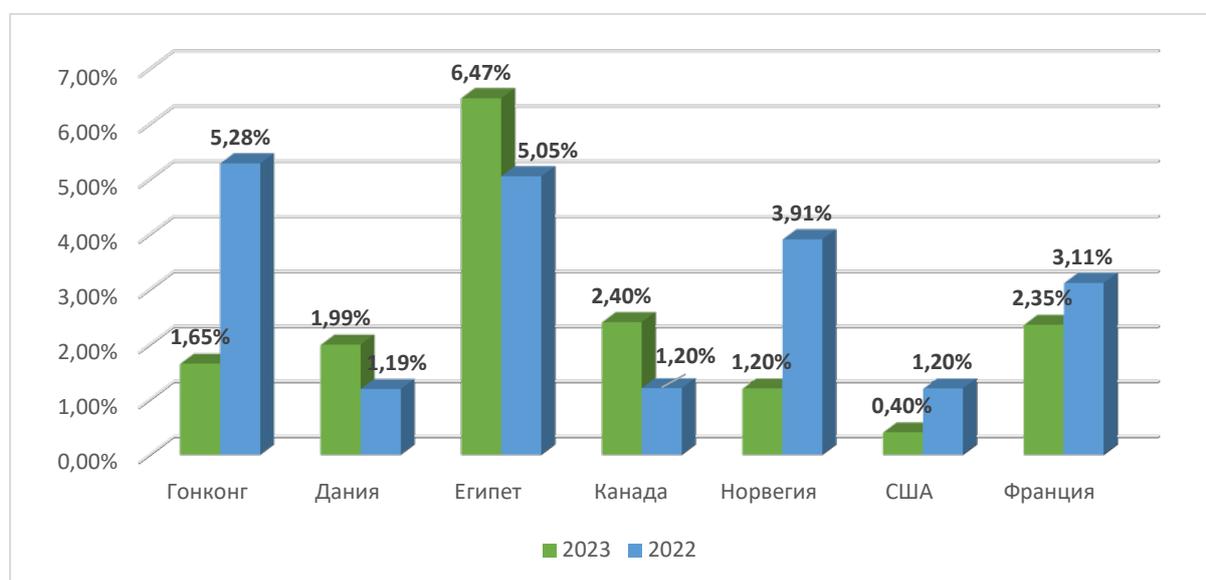


Рисунок 2. Волатильность рыночных ESG-индексов на основе процента выбросов в выборке за 2022 г. и 2023 г.

Результаты анализа волатильности фондовых рынков зарубежных стран по ESG-индексам на основе объема выбросов в доходности, которые представлены на рисунке 2, показали, что максимальное значение выбросов в 2023 году в доходности Египта составляет 6,47%, что превышает аналогичный показатель по ESG-нейтральному индексу на 0,68%. За 2022 г. превышение по данным Египта составляет 1,77%. При средних значениях доходности за 2023 г. 0,2% и в 2023 г. наблюдается отрицательная доходность ESG-индекса Египта и положительная ESG-нейтрального индекса. В целом за 2022 год наблюдается превышение объема выбросов ESG-нейтральных индексов лишь у двух стран Европы – Дании и Франции на 0,8% и 0,39% соответственно. В 2023 году превышение объема выбросов в доходности ESG-нейтральных индексов

наблюдается у трех стран из семи анализируемых – Дании, Норвегии и США – от 0,01% до 0,4%.

5. Выводы

Результаты сравнительного анализа волатильности финансовых инструментов фондового рынка в зависимости от ESG-критериев показали, что даже при условии того, что выборка в большинстве представлена странами, объем выбросов у которых составляет менее 5%, доходность ESG-индексов подвержена более высокой волатильности по сравнению с ESG-нейтральными индексами. Превышения варьируются в пределах 1,8%. Таким образом, следование повестке концепции устойчивого развития и учет ESG-критериев в деятельности компаниями не позволяет инвесторам снизить риски при вложении своих средств в акции таких компаний.

Список литературы

1. Полякова В.В. Модель финансирования «зеленого» роста / В.В. Полякова // Аналитика и практика управления финансами в коричневой, белой и зеленой экономике: материалы Межд. науч.-практ. конф. / под общ. ред. А. Н. Жилкиной. – Москва: Государственный университет управления, 2022. – С. 142-143.
2. Жилкин О.Н. Моделирование устойчивого роста / О.Н. Жилкин, А.Н. Жилкина // В книге: Финансово-экономическая устойчивость национального государства в условиях неблагоприятной внешней среды: монография. / под общ. ред. А. Н. Жилкиной. – Москва: Государственный университет управления, 2023. – С. 8-17.
3. Володина, А.О. Доходность ESG-инвестирования на развитых и развивающихся рынках с учетом временного горизонта / А.О. Володина, М.Б. Траченко // Финансовый журнал. 2023. Т. 15. № 2. С. 59-73.
4. Сайт Московской биржи. – URL: <https://www.moex.com/ru/> (Дата обращения: 27.09.2024 г.).
5. Сайт Investing.com. Котировки индексов. – URL: <https://ru.investing.com/> (Дата обращения: 27.09.2024 г.).

УДК 621-039-542
<https://www.doi.org/10.47813/nto.5.2024.3002>

EDN [YHEYBQ](#)

Возможности использования искусственного интеллекта и машинного обучения для анализа фондового рынка

Юлия Сергеевна Варламова¹, Егор Владимирович Заведеев^{2*}

¹Сургутский государственный университет, Институт экономики и управления СурГУ, студент, Сургут, Россия

²Сургутский государственный университет, Институт экономики и управления СурГУ, доцент кафедры менеджмента и бизнеса, Сургут, Россия

*E-mail: zavedeev@mail.ru

Аннотация. Цель. Исследовать возможности применения ИИ (искусственного интеллекта) и машинного обучения при прогнозировании котировок акций, облигаций, фьючерсов и пр. финансовых инструментов и построения оптимальных инвестиционных стратегий на фондовых рынках. Проблема. Обычные, традиционные методы анализа фондового рынка действуют либо только в рамках технического анализа, либо только фундаментального и ограничены в возможностях учитывать действия экономических, политических и пр. событий при построении математических моделей для прогнозирования ситуации на фондовых рынках. Гипотеза. Применение ИИ и машинного обучения для анализа фондового рынка и прогнозирования трендов изменения цен финансовых инструментов, позволит улучшить точность прогнозирования, оптимизировать инвестиционные стратегии, а также поможет определить рисковые инвестиции.

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, фондовый рынок, анализ данных, алгоритмы машинного обучения.

The possibilities of using artificial intelligence and machine learning to analyze the stock market

Julia Sergeevna Varlamova¹, Egor Vladimirovich Zavedeev^{2*}

¹Surgut State University, Institute of Economics and Management, student, Surgut, Russia

²Surgut State University, Institute of Economics and Management, Associate Professor of the Department of Management and Business, Surgut, Russia

*E-mail: zavedeev@mail.ru

Abstract. Goal. To explore the possibilities of using AI (artificial intelligence) and machine learning in predicting stock prices, bonds, futures, etc. of financial instruments and building optimal investment strategies in stock markets. Problem. Conventional, traditional methods of stock market analysis operate either only within the framework of technical analysis, or only fundamental and are limited in their ability to take into account the actions of economic, political, etc. events when building mathematical models to predict the situation on stock markets. Hypothesis. The use of AI and machine learning to analyze the stock market and predict trends in the prices of financial instruments will improve the accuracy of forecasting, optimize investment strategies, and also help identify risky investments.

Keywords: artificial intelligence, machine learning, stock market, data analysis, machine learning algorithms.

1. Введение

Фондовый рынок – это сложная, постоянно подверженная изменениям под действием множества факторов система, от успешного прогнозирования состояния которой напрямую зависит эффективность инвестиционных стратегий, в соответствии с которыми работают участники фондовых рынков. К факторам, влияющим на состояние фондового рынка следует отнести: экономические и политические события, инвестиционный климат, уровень инфляции, ставку рефинансирования центрального банка, настроения инвесторов и целый ряд прочих факторов.

2. Материалы и методы

Традиционные методы прогнозирования состояния фондового рынка основаны на инструментах технического или фундаментального анализа. Первые предполагают построение линий трендов, расчет большого количества разнообразных трендовых индикаторов, сопоставление текущих продаж с продажами в прошлые периоды. Вторая группа методов предполагает анализ финансового состояния предприятий, расчет показателей доходности, определение прибыли на одну акцию и прогнозной величины потенциальных дивидендов.

Методы ИИ и машинное обучение при прогнозировании котировок позволяет объединить и в комплексе использовать оба подхода, а также учитывать происходящие в настоящее время политические и экономические события, оказывающие влияние как на внутренние, так и на внешние факторы деятельности каждого предприятия и соответственно обуславливающие рост или снижение цен на эти финансовые инструменты. Они способны обрабатывать огромные объемы данных, выявлять скрытые закономерности и создавать прогнозные модели, что открывает новые возможности для повышения точности анализа и принятия инвестиционных решений.

Искусственный интеллект (ИИ) дает целый ряд возможностей и преимуществ при решении сложных социально-экономических задач:

1. ИИ может быстро обработать огромные объемы данных и выявить скрытые закономерности, что может привести к более точным и значимым с практической точки зрения результатам.
2. Технологии ИИ позволяют использовать в принятии решений современные продвинутые инструменты, данные и информацию, которые дадут возможность

реализовывать данные процессы на новом качественном уровне.

3. ИИ и технологии больших данных могут применяться для обнаружения и предотвращения угроз безопасности, в сфере интернет-технологий и незаконных финансовых операций, осуществляемых в электронной среде.
4. Технологии ИИ позволяют сформировать механизмы сбора и обработки данных с фондового рынка, которые могут обеспечить оперативное и точное реагирование на изменения котировок финансовых инструментов и правильность принятия инвестиционных решений.
5. ИИ может быть использован для разработки оптимальных инвестиционных стратегий с учетом размеров вкладываемых капиталов и рисков, на которые готов пойти инвестор. Технологии ИИ позволяют сформировать алгоритмы автоматического выполнения принятых инвестиционных стратегий.

«Несмотря на перечисленные выше очевидные преимущества, точность прогнозов на основе нейросетей по фондовому рынку колеблется у отметки 50%, а всё потому, что фондовый рынок сложная органическая структура: факторы, которые значимы в один промежуток времени, теряют свою значимость в другой» [1].

В тоже время, согласно источнику [2] хедж-фонды создающие инвестиционные портфели на основе ИИ значительно превосходят совокупную доходность, показываемую традиционными методы инвестирования. Так исследование, проведенное аналитической компанией Cerulli Associates показало, что хедж-фонды Европейского союза, под управлением ИИ за период с 2016 по 2019 гг достигли совокупную доходность в 34% за три года, что почти в 3 раза превышало средний показатель по отрасли за тот же период.

Для формирования высокодоходных инвестиционных фондов хедж-фонды используют инструменты обработки естественного языка (NLP) посредством модели глубокого обучения на обработке актуальных социально-экономических и общественно-политических новостей для получения NLP-моделей прогнозирования стоимости различных финансовых инструментов с высоким уровнем точности. Эти модели в некоторых исследованиях демонстрировали средние ошибки прогнозирования менее 1-го % по целому ряду одних из наиболее ликвидных акций [3].

3. Результаты и обсуждение

К ограничениям в использовании технологий ИИ при работе на фондовых рынках и выстраивании финансовых стратегий, можно отнести:

- ошибки в прогнозах из-за некорректного ввода исходных данных;
- необходимость применения высокопроизводительной вычислительной техники для получения адекватных результатов;
- беспристрастность инструментов ИИ, что с одной стороны повышает качество аналитической работы, но с другой стороны может ухудшать правильность восприятия, в значительной степени, субъективного новостного фона, а также репутации компаний.

К методам ИИ, которые применяются в настоящее время для работы на фондовых рынках можно отнести [3]:

1. Анализ котировок акций, облигаций, фьючерсов, анализ финансовых данных, выявление тенденций, на основе интерпретации больших данных с помощью алгоритмов ИИ и машинного обучения.
2. Автоматические торговые алгоритмы «роботы» в режиме «реального времени» осуществляют мониторинг котировок акций, облигаций, валют и пр. финансовых инструментов и на этой основе осуществляют автоматические покупки и продажи данных инструментов в зависимости от полученных в ходе мониторинга торговых сигналов.
3. ARIMA — методика прогнозирования рыночных изменений на основе отслеживания и учета колебаний цен на финансовые инструменты на основе выявления исторических тенденций ценовых рядов и фактора сезонности. Наилучшим образом этот метод подходит для прогнозирования краткосрочных колебаний ценовых уровней.
4. Метод опорных векторов – модель ИИ, которая обучается на реальных данных, поступающих из торговой системы. При возможности обеспечить модели полноценный набор больших данных метод дает один из наиболее высоких уровней точности.
5. Метод «Случайного леса» — это алгоритм позволяющий использовать методы ИИ для анализа вероятности и тестирования моделей прогнозирования,

определенных событие, которые могут влиять на принятие инвестиционных решений.

Рассмотрим дополнительные методы, их преимущества и недостатки в таблице 1 ниже [4]:

Таблица 1. Сравнительный анализ нейросетевых моделей.

Метод машинного обучения	Преимущества	Недостатки
CNN: Сверточная нейронная сеть	+ Независимость влияния алгоритмов к повороту и сдвигу	- Продолжительное время обучения (несколько дней и более) для нейронной сети с числом слоёв свёртки свыше двух
	+ Обучается при помощи классического метода обратного распространения ошибки, при этом могут быть задействованы и другие методы обучения сети	- Пригодна, по большей части, только для распознавания изображений
	+ Использование ядер свёртки дает, в сравнении с полносвязанной нейросетью, меньшее количество настраиваемых весовых коэффициентов, что приводит к уменьшению времени и вычислительных ресурсов на обучение сети	- Большая вероятность переобучения сети при недостаточном количестве примеров при обучении с учителем
EMD: Метод эмпирической модовой декомпозиции	+ Позволяет проецировать нестационарный сигнал на частотно-временную плоскость с использованием монокомпонентных сигналов, что делает его адаптивным по своей природе	- Определение экстремумов изображения (или поверхности) и выбор метода интерполяции для применения на множестве точек рассеяния
	+ Не требует заранее заданного набора математических функций	- Частое появление смешивания мод
	+ Может обрабатывать адаптивные нестатические сигналы	
KNN: Метод k ближайших соседей	+ Алгоритм прост и легко реализуем	- Всегда нужно определять оптимальное значение k.
	+ Не чувствителен к выбросам	- Алгоритм работает значительно медленнее при увеличении объема выборки, предикторов или независимых переменных
	+ Нет необходимости строить модель, настраивать несколько параметров или делать дополнительные допущения	- Большие вычислительные затраты во время выполнения
LSTM: Долгая краткосрочная память	+ Способность анализировать и использовать взаимодействия и закономерности, существующие в данных, посредством процесса самообучения	- Отсутствует механизм индексации памяти при записи и чтении данных. Количество ячеек памяти привязано к размеру рекуррентных весовых матриц
	+ Делает хорошие прогнозы, потому что анализирует взаимодействия и скрытые закономерности в данных	
	+ Хорошо запоминает информацию в течение длительного времени	

Эта таблица помогает определить различные методы машинного обучения, их плюсы и минусы, а также выбрать наиболее подходящий метод для обучения ИИ в конкретных условиях и сетях. Также методы, приведенные в таблице, позволяет выявить тренды в развитии нейросетевых моделей, такие как увеличение глубины сетей, применение механизмов внимания и архитектуры трансформеров.

Что касается непосредственно процесса прогнозирования с помощью ИИ, он может включать в себя несколько этапов проведения подобной работы (рисунок 1).

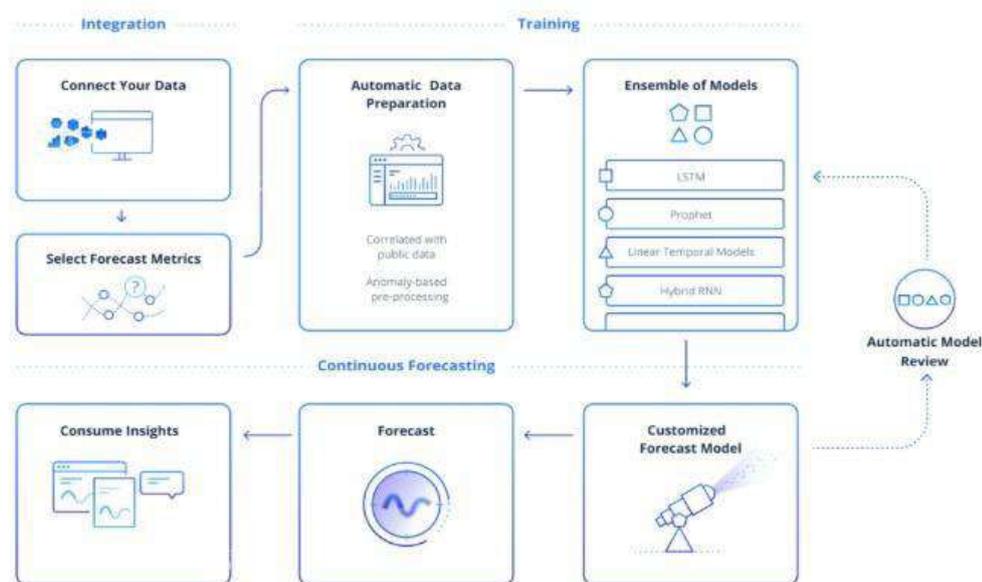


Рисунок 1. Процесс прогнозирования котировок финансовых инструментов с помощью ИИ.

Рассмотрим каждый этап подробнее:

1. Сбор и предварительная подготовка данных. В рамках данного этапа необходимо сформировать механизмы автоматической выгрузки данных о котировках акций, а также прочих данных и новостном фоне, которые могут быть необходимы для выстаивания моделей прогноза котировок.
2. Отбор наиболее приемлемых торговых индикаторов, определение значимости и типа новостей, необходимых для проведения прогноза. Оценка желаемых интервалов прогноза и необходимых для этого ретроспективных данных.
3. Разработка и включение в алгоритм механизмов по автоматизации предварительной подготовке данных, необходимых для осуществления

прогнозов. Важнейшей задачей на данном этапе является удаление факторов, которые не имеют отношения к прогнозу.

4. Обучение модели – проверка точности результатов, полученных разными методами прогноза и выбор метода, обеспечивающего наиболее полное соответствие фактическим значениям. Автоматизация полученных методик.
5. На основе оценки адекватности моделей, построенных на этапе 4, выбираются методы и модели, обеспечивающие прогнозирование котировок и финансовых результатов с наиболее высоким уровнем соответствия фактическим данным и текущей задаче прогнозирования.
6. Далее реализуется серия частных проверок точности, составленных моделей ИИ и больших данных для прогнозирования котировок финансовых инструментов, с которыми предполагается работа. При необходимости проверке могут осуществляться несколько раз.
7. Далее осуществляется непосредственно сам прогноз котировок отобранных для работы финансовых инструментов, формирование оптимальной инвестиционной стратегии и закупка первого пула финансовых инструментов в рамках реализации сформированной стратегии.
8. Автоматизация процесса отслеживания выполнения инвестиционной стратегии, ее постоянной корректировки и обновления в зависимости от изменения рыночной ситуации. Формирование специальных информационных панелей, графиков, отчетов и оповещений, необходимых для постоянного отслеживания эффективности работы торговой программы и оценке эффективности инвестиционной стратегии.

Вместо самостоятельной разработки программных кодов описанных выше алгоритмов, рациональнее всего использовать существующие и уже проверенные библиотеки ИИ. Существует множество готовых, поддерживаемых и простых в использовании библиотек, доступных для нескольких языков и платформ.

Так же, при выборе модели нужно определить цели прогноза: для чего используется модель? Хотим ли мы прогнозировать цену акции, объем торгов, изменение индекса или другие показатели? Из всех доступных данных необходимо выбрать показатели, которые, по мнению аналитика, имеют наибольшее влияние на целевой показатель. Например, для прогнозирования цены акции можно использовать показатели

прибыли, дохода, долга, индекса VIX (волатильность) и др. После выбора моделей и показателей прогноза необходимо собрать данные, опираясь на которые, искусственный интеллект выдает определенные данные. Чтобы облегчить этот процесс, можно использовать API для сбора данных из различных источников: финансовые площадки (Yahoo Finance, Google Finance), новостные агентства, социальные сети, индексы (S&P 500, NASDAQ), данные о макроэкономических показателях (ВВП, инфляция). Далее нужно откорректировать собранные данные: объединить данные из разных источников в единый датасет, устранить дубликаты, некорректные значения, пропущенные данные и др. Для бесперебойной работы нужно привести данные к единому формату (например, CSV). На основе точности каждой модели выбираются только самые эффективные из них для создания пользовательской модели для текущей задачи прогнозирования.

Далее после создания первоначальной настроенной модели нужно часто проводить проверки точности и при необходимости повторить предыдущие этапы обучения. Далее можно использовать пользовательскую модель и предоставленные данные для составления прогноза в режиме реального времени, а результаты сохраняются для будущего использования. Наконец, прогнозы отображаются в виде информационных панелей, отчетов или оповещений, так что ими может воспользоваться любой человек, независимо от его технических знаний.

Важно оценить результаты прогнозирования искусственным интеллектом для того, чтобы понять, верно ли проведены все вышеупомянутые этапы. Для этого можно применить следующие методы оценки (рисунок 2):

- средняя абсолютная процентная ошибка (MAPE):

$$MAPE = 100\% * \frac{1}{\text{Количество позиций}} * \sum \frac{|\text{Факт} - \text{Прогноз}|}{\text{Факт}}$$

- средняя абсолютная ошибка (MAE):

$$MAE = \frac{1}{\text{Количество позиций}} * \sum |\text{Факт} - \text{Прогноз}|$$

- средняя квадратичная ошибка (RMSE):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{\text{Количество позиций}} * \sum (\text{Факт} - \text{Прогноз})^2}$$

Рисунок 2. Показатели оценки прогнозирования.

Средняя абсолютная ошибка (MAPE) – оценивается в процентах и используется для оценки величины ошибок в сравнении с фактическими значениями показателей.

Средняя абсолютная ошибка (MAE) представляет собой меру ошибок между парными наблюдениями одного и того же явления и применяется для прогнозирования спроса, анализа временных рядов и пр.

Средняя квадратичная ошибка (MSE) — это функция потерь, которая используется в линейной регрессии в качестве показателя эффективности.

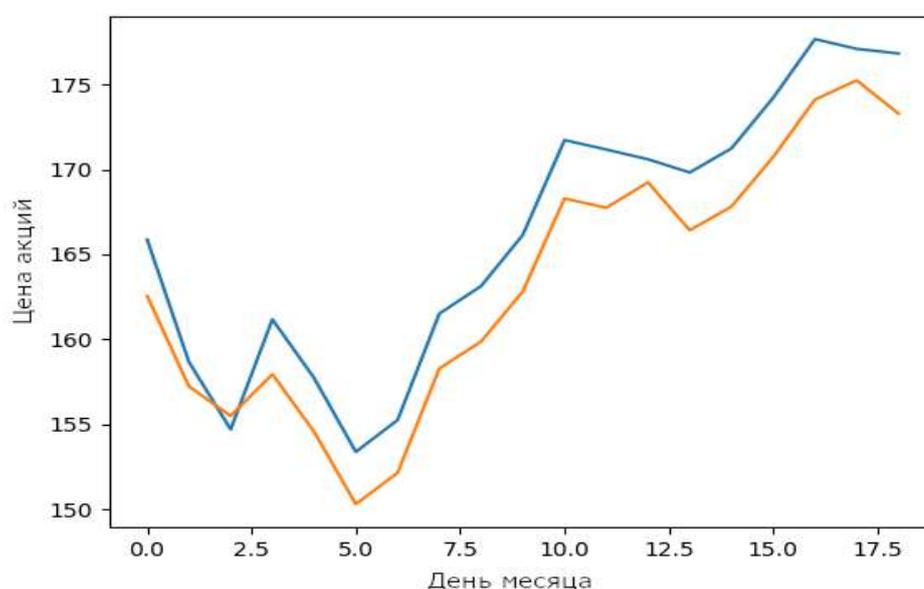


Рисунок 3. Прогноз модели LSTM на цены акций Apple в феврале.

Рассмотрим пример, когда прогноз цен акций поручили программному продукту с заложенным в него ИИ. Было протестировано 5 алгоритмов машинного обучения: линейная регрессия, градиентный бустинг, LSTM (Long Short-Term Memory) адаптивная авторегрессионная модель и логистическая регрессия. При этом использовались разные наборы данных и прогнозирование разных параметров. Наилучшие результаты были получены с помощью модели LSTM (рисунок 3) [5-7].

В качестве исходных данных были выбраны следующие показатели: поквартальные финансовые показатели компании: чистая и валовая прибыль, ликвидность, задолженность, EBITDA, рентабельность, активы, фундаментальные

мультипликаторы, коэффициенты Шарпа, Сортино, интегральный риск, волатильность и т. п.

Для простой LSTM модели без оптимизации — это очень хороший результат. Он показывает, что нейронные сети и модели машинного обучения способны строить сложные устойчивые связи между параметрами.

4. Заключение

Итак, искусственный интеллект и машинное обучение имеют огромный потенциал для улучшения анализа фондового рынка, но их применение требует тщательной проработки и оценки как преимуществ, так и ограничений. В будущем искусственный интеллект и машинное обучение, вероятно, станут неотъемлемой частью инвестиционного процесса, но инвесторам необходимо быть осторожными и критически оценивать результаты моделей ИИ. Важно продолжать исследования в области ИИ и машинного обучения для улучшения точности и эффективности моделей, разрабатывать этические и регуляторные рамки для использования ИИ в финансовой индустрии, обучать инвесторов основам использования данных методов в инвестировании.

Список литературы

1. Умное железо: как ИИ помогает инвесторам // БКС Экспресс: сайт. – URL: <https://bcs-express.ru/novosti-i-analitika/umnoe-zhelezo-kak-ii-pomogaet-investoram> (дата обращения: 01.06.2024).
2. Сергеев В.А. Использование нейросетей в прогнозировании фондового рынка / В.А. Сергеев // Azimuth of Scientific Research: Economics and Administration. – 2018. – Т. 7. – № 4(25). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-neyrosetey-v-prognozirovanii-fondovogo-rynka/viewer> (дата обращения 06.06.2024).
3. Нешина К.С. Прогнозирование стоимости акций на основе нейросетевых моделей: дис. канд. экон. наук: 38.04.01. – Томск, 2022. – 150 с.
4. Машинное обучение: прогнозируем цены акций на фондовом рынке // Хабр: сайт. – URL: <https://habr.com/ru/companies/netologyru/articles/428227/> (дата обращения: 01.06.2024).
5. Агнон Х.О. Прогнозирование цены акций с использованием машинного обучения / Х.О. Агнон // Инновационная наука. – 2021. – № 6. – URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/prognozirovanie-tseny-aktsiy-s-ispolzovaniem-mashinnogo-obucheniya> (дата обращения: 01.06.2024).

6. Ways to Add Artificial Intelligence to an Existing Application // CodeProject: сайт. – URL: <https://www.codeproject.com/Articles/5330374/5-Ways-to-Add-Artificial-Intelligence-to-an-Existi> (дата обращения: 01.06.2024).
7. Random Forest Algorithm in Machine Learning // GeekforGeeks: сайт. – URL: <https://www.geeksforgeeks.org/random-forest-algorithm-in-machine-learning/> (дата обращения: 01.06.2024).

УДК 336.76

EDN [TOHIYX](#)

Финансирование экологического инжиниринга предприятий и территорий

А.Н. Жилкина*

Государственный университет управления, Рязанский пр-т, д. 99, Москва, 109542, Россия

*E-mail: an_zhilkina@guu.ru

Аннотация. Рассмотрены предпосылки применения подхода «экологосбережения» для предприятий «коричневой экономики» и территорий, природа которых пострадала от предпринимательской деятельности человека. Для предприятий в качестве приоритетов «экологосбережения» подтверждена необходимость безопасного управления отходами производства, экономное энергопотребление и использование альтернативных зеленых источников энергии, снижение вредных выбросов в атмосферу, бережное потребление воды для технологических нужд. Достижению перечисленных целей в полной мере соответствует реализация на каждом предприятии и каждой территории Повестки-2030 ООН, реализация которой возможна через внедрение экоинжиниринга на микро-, мезо- и макро-уровнях. Участниками процесса экоинжиниринга выступают государство (в лице федерального центра и субъектов РФ), «организация-загрязнитель» и инжиниринговая «организация-разработчик». Уже сегодня планируется на федеральном уровне выделить через нацпроект «Экология» 600 млрд рублей во временном горизонте 2025-2030 гг. Ожидается, что внедрение позволит не только реализовать повестку «устойчивого развития» промышленных предприятий «коричневой экономики» и рекультивировать пострадавшие территории, но и способствовать повышению эффективности производственных и финансовых бизнес-процессов предприятий и территорий. Для достижения поставленных целей рационально использовать преимущества моделирования устойчивого роста в котором экоинжиниринг становится одним из определяющих элементов.

Ключевые слова: устойчивое развитие, экоинжиниринг, финансирование, зеленые финансы предприятий, зеленые финансы территорий.

Financing of environmental engineering of enterprises and territories

A.N. Zhilkina*

State University of Management, Ryazan Ave., 99, Moscow, 109542, Russia

*E-mail: an_zhilkina@guu.ru

Abstract. The prerequisites for applying the “environmental conservation” approach for “brown economy” enterprises and territories whose nature has suffered from human entrepreneurial activity are considered. For enterprises, the need for safe management of production waste, economical energy consumption and the use of alternative green energy sources, reduction of harmful emissions into the atmosphere, and careful consumption of water for technological needs has been confirmed as “environmental conservation” priorities. The achievement of the listed goals is fully consistent with the implementation at each enterprise and each territory of the UN Agenda 2030, the implementation of which is possible through the introduction of environmental engineering at the micro, meso and macro levels. The participants in the eco-engineering process are the state (represented by the federal center and the constituent entities of the Russian Federation), the “polluting organization” and the engineering “developer organization”. Already today, it is planned at the federal level to allocate 600 billion rubles through the national project “Ecology” in the time horizon of 2025-2030. It is expected that the implementation will not only implement the agenda of “sustainable development” of industrial enterprises of the “brown economy” and reclaim affected areas, but will also help improve the efficiency of production and financial business processes of enterprises and territories. To achieve the set goals, it is rational to use the advantages of sustainable growth modeling in which environmental engineering becomes one of the defining elements.

Keywords: sustainable development, eco-engineering, financing, green finance of enterprises, green finance of territories.

1. Введение

Проблемы нивелирования последствий отрицательного влияния на окружающую среду предпринимательской активности человечества занимают умы ученых не первое столетие, при этом желание помочь экологии сталкивалось с дороговизной затрат на реализацию этого желания. Мировые тенденции последнего времени, наметившиеся по инициативе ООН, позволяют найти даже при её реализации на уровне компаний реального сектора экономики, особенно входящих в категорию предприятий «коричневой экономики». С точки зрения, экологической составляющей предлагаемая ООН политика предполагает решение вопросов безопасного управления отходами производства, особенно опасными для окружающей среды территории, экономное энергопотребление, с использованием альтернативных зеленых источников, снижение, вплоть до нулевого, вредных выбросов в атмосферу, бережное потребление воды используемой в технических и технологических целях. Общий план действий, так называемая «дорожная карта», был принят странами-участниками ООН как известно еще 9 лет назад, в 2015 году, и рассчитан на 15 лет. Таким образом, итоги будут подводиться в 2030 году, кстати именно поэтому этот план еще называют «Повестка-2030» или ESG-повестка, где Первая буква «Е», «Environmental», как раз и означает охрану и восстановление окружающей среды.

2. Постановка задачи (Цель исследования)

Желание самих компаний и даже драйвер Повестки-2030 ООН само по себе не сможет реализоваться, поэтому целью данного исследования стало определиться с возможными и приемлемыми источниками финансирования реализации Повестки-2030 как на самом предприятии, так и федеральном и региональном уровнях. На стадии постановки задачи предполагалось рассмотреть финансирование текущей деятельности, инвестирование в «зеленые программы» и выгоду от сокращения штрафов за вредные выбросы в атмосферу и других негативных воздействий на окружающую среду. Применительно к богатым лесом регионам России предполагалось исследовать возможности финансирования восстановления их после варварской вырубке 90-х годов прошлого века, 00-х годов этого столетия, да и 10-х и 20-х.

3. Методы и материалы исследования

В исследовании применялись методы индукции и дедукции, от общего к частному, и от частного общему, анализа и синтеза, за основу взяты данные о фактическом финансировании текущей деятельности и реализации стратегических планов компаний «коричневой экономики», ожидаемые объемы федерального финансирования, практика финансирования «всерегиональных» национальных проектов применительно к финансированию экологического инжиниринга предприятий и территорий.

4. Полученные результаты

В первую очередь в рамках проведенного исследования было разобрано само понятие экологического инжиниринга (далее, экоинжиниринг) с точки зрения особенностей его финансирования и инвестирования на микро-, мезо- и макро- уровнях в целях реализации Повестки-2030. Итак, экоинжиниринг – это взаимосвязанный комплексный набор мероприятий, имеющий результатом создание новых или модернизация имеющихся производственных мощностей предприятия «коричневой экономики», осуществляемых с целью минимизации ущерба окружающей природной среде (обрабатывающие и перерабатывающие предприятия) и использования природных ресурсов (добывающие предприятия), с обязательным участием государства и/или субъекта РФ и наличием специализированных субъектов в качестве которых выступает «организация-загрязнитель» окружающей природной среды в качестве заказчика мероприятий и инжиниринговых «организаций-разработчиков» - разработчиков и исполнителей данных мероприятий. Как правило разработанные мероприятия не только поддерживают повестку «устойчивого развития» промышленного предприятия «коричневой экономики» и борются с вредным воздействием на окружающую природную среду, но и способствуют повышению эффективности производственных и финансовых бизнес-процессов [1].

Таким образом, в основе финансирования экологического инжиниринга лежит принцип со-финансирования мероприятий экологического инжиниринга государством (в лице федерального центра и субъектов РФ) и самих предприятий «коричневой экономики», если говорить о и территорий опыт реализации действующих нацпроектов также говорит о со-финансировании «реставрации» территорий из федерального и

регионального бюджета. На период с 2025 г. по 2030 год планируется выделить 600 млрд рублей средств на федеральном уровне, при этом вложения средств частными инвесторами приветствуется [2]. Распределение средств будет осуществляться через нацпроект «Экология» [3]. Действенным инструментом такого со-финансирования являются и инструменты ESG-инвестирования, к тому же показывающие в мировой практике уверенную доходность [4].

Для достижения поставленных Повесткой 2030 целей, повышения эффективности получаемых результатов рационально использовать преимущества моделирования устойчивого роста [5], при этом нужно понимать, что для добывающих и обрабатывающих предприятий «коричневой экономики» экоинжиниринг становится одним из определяющих элементов устойчивого роста.

Инструменты финансирования и со-финансирования реализации Повестки-2030, в том числе частные и с использованием «зеленых облигаций» предприятий и субъектов РФ можно рассматривать как зеленые финансы предприятий, зеленые финансы территорий.

5. Выводы

Результаты исследования показали применимость Повестки-2030 на российских предприятиях. При этом основным принципом финансирования вероятно станет со-финансирование для повышения заинтересованности самих предприятий и территорий в рациональном, эффективном и бережливом использовании средств, вовлечения большего количества предприятий и территорий в экоинжиниринг с целью достижения параметров своего устойчивого роста.

Список литературы

1. Вахрушев П.А. Экологический инжиниринг как эффективный способ обеспечения экологической безопасности предприятия / П.А. Вахрушев // Производственно-технический журнал «Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда». – 2015. – № 7(104). – С. 48-51.
2. Путин поручил кабмину направить 600 млрд рублей до 2030 года на нацпроект "Экология". <https://digital.gov.ru/ru/events/50192/#:~:text=%22Правительству%20Российской%20Федерации%20разработать%20национальный,%22%2C%20-%20говорится%20в%20документе> (Дата обращения: 01.11.2024 г.).

3. Национальный проект «Экология». [https:// xn--80aarpmpemcchfmo7a3c9ehj.xn--p1ai/projects/ekologiya](https://xn--80aarpmpemcchfmo7a3c9ehj.xn--p1ai/projects/ekologiya) (Дата обращения: 01.11.2024 г.).
4. Володина А.О. Доходность ESG-инвестирования на развитых и развивающихся рынках с учетом временного горизонта / А.О. Володина, М.Б. Траченко // Финансовый журнал. – 2023. – Т. 15. – № 2. – С. 59-73.
5. Жилкин О.Н. Моделирование устойчивого роста / О.Н. Жилкин, А.Н. Жилкина // В книге: Финансово-экономическая устойчивость национального государства в условиях неблагоприятной внешней среды: монография. / под общ. ред. А.Н. Жилкиной. – Москва: Государственный университет управления, 2023. – С. 8-17.

УДК 502.315

EDN [NBJGUE](#)

Методические рекомендации по разделному сбору отходов в общеобразовательных учреждениях

И.Р. Батталов, А.Х. Агадуллина, М.Е. Анисимова *

Уфимский государственный нефтяной технический университет, ул. Космонавтов, 1, Уфа, 450064, Россия

*E-mail: in.kognito.01@inbox.ru

Аннотация. В этой статье рассматривается насущная потребность в устойчивых методах управления твердыми коммунальными отходами (ТКО), сосредоточившись на развитии экологической осведомленности и ответственности у молодых поколений посредством образовательных программ. Исследование подчеркивает необходимость формирования экологически сознательного общества, начиная с детей, чей адаптивный потенциал способствует принятию новых экологических методов. В статье излагаются методические рекомендации по включению программы по разделению отходов в общее образование, подчеркивая стратегии управления и интеграцию в школьную программу для продвижения экологически ответственной культуры. Исследование преследует три цели: во-первых, обосновать и оценить программы экологического образования; во-вторых, создать воспроизводимую модель для обучения разделному сбору отходов в школах; и, в-третьих, поощрять участие сообщества посредством активного участия в разделении отходов. Обзор литературы устанавливает теоретическую основу, ссылаясь на междисциплинарные взгляды на экологическую культуру и этические императивы экологического образования. Инструменты оценки, адаптированные для учащихся начальной, средней и старшей школы, оценивают когнитивные, поведенческие и мотивационные сдвиги в сторону экологической ответственности. Результаты указывают на заметное улучшение понимания и вовлеченности учащихся в отношении ТКО, что подтверждается возросшим участием в мероприятиях по разделению отходов и более сильной приверженностью устойчивому развитию. Эта программа подчеркивает эффективность раннего экологического образования в формировании экологически сознательного общества, предлагая масштабируемую модель для более широкой образовательной реализации в поддержку устойчивых методов управления отходами.

Ключевые слова: раздельный сбор отходов, экологическое образование, общеобразовательные учреждения, методика в области управления отходами.

Methodological recommendations on separate waste collection in general education institutions

I.R. Battalov, A.H. Agadullina, M.E. Anisimova *

Ufa State Petroleum Technical University, Kosmonavtov st., 1, Ufa, 450064, Russia

*E-mail: in.kognito.01@inbox.ru

Abstract. This article addresses the urgent need for sustainable municipal solid waste (MSW) management practices, focusing on developing environmental awareness and responsibility in younger generations through educational programs. The study emphasizes the need to foster an environmentally conscious society, starting with children, whose adaptive potential facilitates the adoption of new environmental practices. The article provides methodological recommendations for the inclusion of waste separation programs in general education, emphasizing management strategies and integration into the school curriculum to promote an environmentally responsible culture. The study has three objectives: first, to validate and evaluate environmental education programs; second, to create a replicable model for teaching waste separation in schools; and third, to encourage community participation through active participation in waste separation. A literature review establishes the theoretical framework, referring to interdisciplinary perspectives on environmental culture and the ethical imperatives of environmental education. Assessment tools, adapted for elementary, middle, and high school students, assess cognitive, behavioral, and motivational shifts toward environmental responsibility. The results indicate a marked improvement in students' understanding and engagement with MSW, as evidenced by increased participation in waste separation activities and a stronger commitment to sustainable development. This program highlights the effectiveness of early environmental education in developing an environmentally conscious society, offering a scalable model for wider educational implementation in support of sustainable waste management practices.

Keywords: separate waste collection, environmental education, general education institutions, waste management methodology.

1. Введение

Глобальный экологический кризис требует перехода к устойчивому управлению отходами, переходу, которому препятствует неадекватная экологическая культура и осведомленность населения [1]. В сфере ТКО одних только технических мер недостаточно; вместо этого решение заключается в создании экологически сознательного общества, в котором люди берут на себя ответственность за производство, управление и утилизацию отходов. Эффективный подход к воспитанию этой ответственности начинается с образования детей, которые более приспособлены к новым экологическим практикам, чем старшие поколения, из-за меньшего количества устоявшихся убеждений и привычек [2].

Образовательные учреждения служат важнейшими отправными точками для формирования экологического сознания, поскольку у учащихся вырабатываются привычки и модели поведения, которые могут сохраниться на всю жизнь [3]. В этой статье представлены методические рекомендации по внедрению программы отдельного сбора отходов в общеобразовательных учреждениях, изложены стратегии интеграции учебной программы, управления программой и вовлечения сообщества.

2. Постановка задачи (Цель исследования)

Основными целями данного исследования являются:

- теоретическое обоснование и оценка программ экологического образования в общеобразовательных организациях, которые повышают уровень понимания и управления ТКО у учащихся;
- разработка практических методов обучения учащихся отдельному сбору отходов, способствуя формированию комплексной экологической культуры;
- с помощью образовательных вмешательств исследование направлено на обеспечение учащихся знаниями и навыками, необходимыми для сокращения производства отходов и содействия устойчивому обращению с ними;
- интегрирование концепции экологической осведомленности и управления отходами в школьную программу;
- создание культуры устойчивого развития путем поощрения активного участия в мероприятиях по разделению отходов среди учащихся и сотрудников;

- разработка модели, которую можно будет воспроизводить в различных образовательных учреждениях для улучшения практики управления отходами и повышения экологической осведомленности.

3. Обзор литературы

Экологическая культура, междисциплинарная концепция, охватывает знания, ценности и поведение, которые поддерживают гармонию между человечеством и природой. По определению С.Н. Глазачева [4], экологическая культура развивается в ответ на экологические кризисы и характеризуется мировоззрением, которое рассматривает Землю как взаимосвязанную экосистему, требующую вдумчивого управления. Аналогичным образом, В.А. Ясвин утверждает [5], что гуманное отношение к природе имеет решающее значение для экологической культуры человека, подчеркивая моральное и этическое поведение, необходимое для устойчивого образа жизни.

С педагогической точки зрения экологическое образование направлено на то, чтобы изменить взгляды учащихся с утилитарного на природоохранный, прививая эоцентрическое сознание. Такие исследователи, как С.Л. Рубинштейн и А.Н. Леонтьев, утверждают, что системы образования должны внедрять ценности, которые уважают и отдают приоритет экологическому благополучию, тем самым способствуя культурным сдвигам, необходимым для решения текущих и будущих экологических проблем [6].

4. Методы и материалы исследования

В этом исследовании была разработана многокомпонентная программа экологического образования, реализуемая в различных общеобразовательных организациях. Программа включала:

- лекции и тематические уроки, охватывающие принципы экологии, методы управления отходами и значение раздельного сбора отходов;
- практические эксперименты - учащиеся использовали мини-экспресс-лабораторию для анализа химических параметров, что позволило им напрямую взаимодействовать с экологической наукой;
- экологические игры и конкурсы разработаны для поощрения вовлеченности и закрепления концепций в интерактивной форме;

- общественные кампании - вовлечение учащихся в экологические инициативы, такие как акции по переработке отходов, направленные на развитие культуры экологического активизма.

Для оценки эффективности программы учащиеся были разделены на возрастные группы с индивидуальными инструментами оценки, соответствующими каждому этапу когнитивного развития:

- младшие школьники (1-4 классы): с помощью «Экологических знаний» Ю.А. Полещука [7] оценивали когнитивное понимание;
- подростки (5-9 классы) - модифицированной версией «Диагностики экологической культуры» С.С. Кашлева [8] и С.Н. Глазачева [4] оценивали поведенческие и мотивационные компоненты;
- молодёжь (10-11 классы): тестом «Диагностика экологической культуры» Е.Ю. Ногтевой и И.Д. Лушниковой оценивали целостное развитие экологической культуры [9].

5. Полученные результаты

Реализация этой программы экологического образования привела к значительному улучшению понимания и отношения учащихся к ТКО. Оценки после окончания программы показали заметный сдвиг в экологической культуре учащихся, продемонстрированный возросшей вовлеченностью в деятельность по разделению отходов и возросшей осведомленностью о проблемах, связанных с отходами. Влияние было наиболее выражено в старших классах, где учащиеся продемонстрировали более сильную приверженность экологическому поведению.

Во всех возрастных группах учащиеся показали более высокие баллы по когнитивному компоненту экологической культуры, что отражает лучшее понимание экологической науки и управления отходами. Аналогичным образом, мотивационные и основанные на ценностях оценки выявили более сильную эмоциональную связь с экологическими проблемами, при этом учащиеся все больше осознают важность сохранения и устойчивых методов. Результаты подчеркивают, что активное участие, если оно соответствует стадиям когнитивного развития учащихся, является эффективной стратегией для развития экологической культуры.

6. Предлагаемые методические рекомендации

Разработанные руководящие принципы для отдельного сбора отходов включают поэтапный подход, фокусирующийся на ключевых областях планирования, реализации и оценки. Эти области далее разбиты на конкретные виды деятельности и методологии обучения, которые могут быть адаптированы в зависимости от институциональных потребностей и возрастных групп учащихся.

6.1. Первоначальная оценка и взаимодействие с заинтересованными сторонами

Необходимо:

- провести предварительный аудит отходов для определения типов образующихся отходов и существующих методов утилизации отходов в образовательном учреждении;
- привлечь основные заинтересованные стороны, включая учителей, руководителей и представителей Росприроднадзора, чтобы обеспечить приверженность программе;
- разработать учебную программу по экологическому образованию, которая включает темы управления отходами, такие как переработка, разделение отходов и сохранение ресурсов, используя лекции, практические семинары и интерактивные занятия;
- поставить цели для повышения знаний, отношения и практических навыков учащихся в области разделения отходов, сосредоточившись на когнитивных, эмоциональных и поведенческих аспектах экологической культуры.

6.2. Методы обучения и виды деятельности

Внедрение образования по разделению отходов должно использовать интерактивные, экспериментальные методы обучения, которые активно вовлекают учащихся в процесс:

- внедрение на постоянной основе практические семинары для обучения учащихся основам сортировки отходов (например, различая перерабатываемые материалы, такие как бумага, пластик и металлы, и неперерабатываемые материалы) и преимуществ каждой категории;
- составление графика и организация экскурсий на предприятия по переработке или в центры по управлению отходами, чтобы получить реальное представление о процессах переработки отходов;

- интеграция тем по науке об окружающей среде в такие предметы, как биология и химия, охватывая воздействие отходов на окружающую среду, концепцию биоразлагаемости и потребление энергии, связанное с управлением отходами;
- проведение тематических уроков по глобальным и локальным проблемам отходов, подчеркивая важность индивидуальной ответственности за сокращение отходов;
- вовлечение учащихся в мероприятия, такие как создание плакатов, для продвижения переработки и сокращения отходов;
- проведение межклассовых конкурсов на самые эффективные методы разделения отходов, вознаграждая успешные усилия для поощрения постоянного участия.

6.3. Операционные процедуры для раздельного сбора отходов

Создание станций сбора:

- размещение четко обозначенных сортировочных контейнеров в доступных местах, таких как классы, коридоры и кафетерии, разделяя отходы на категории, такие как бумага, пластик, металл и обычные отходы;
- использование цветных контейнеров (например, синий для бумаги, зеленый для компостируемых материалов, желтый для пластика) для удобства использования и содействия стандартизации в соответствии с местными муниципальными правилами.

Управление сбором и утилизацией:

- назначение учащихся или студенческих комитетов, ответственных за надзор за ежедневным сбором и сортировкой отходов, включая эти мероприятия в образовательную структуру для личной ответственности;
- сотрудничество с местными органами власти, установление партнерских отношений с Росприроднадзором, позволит гарантировать, что собранные отходы будут надлежащим образом обработаны и переработаны.

Регулярный мониторинг и оценка имеют решающее значение для успеха и улучшения программ по разделению отходов в школах. Оценка должна проводиться периодически, чтобы оценить как эффективность методов разделения отходов, так и понимание и вовлеченность учащихся в этот процесс. Ключевые методы оценки:

- знания и вовлеченность учащихся: оценка знаний до и после внедрения программы, чтобы оценить понимание учащимися принципов разделения

отходов; поведенческие опросы для отслеживания изменений в отношении учащихся к управлению отходами с течением времени;

- количественные показатели сокращения отходов: отслеживание объема отходов и веса отсортированных отходов, собранных еженедельно или ежемесячно, чтобы измерить сокращение смешанных отходов и увеличение отходов, подлежащих переработке; проведение последующих аудитов отходов, чтобы оценить общую эффективность программы по сокращению несортированных отходов в школе;
- обратная связь по программе: периодические сессии обратной связи с обучающимися для обсуждения потенциальных улучшений и решения любых проблем, возникающих при разделении отходов; отзывы от преподавателей и персонала школы о практичности и влиянии программы разделения отходов, чтобы определить области для будущих улучшений.

7. Выводы

Внедрение отдельного сбора отходов в общеобразовательных учреждениях может служить основой для пожизненной экологической ответственности, прививая привычки, которые поддерживают более широкие цели по сокращению отходов. Вовлечение учащихся, учителей и местных органов власти в программы по разделению отходов не только сокращает объемы отходов, но и создает культуру устойчивого развития в школе и окружающем ее сообществе. Школы, которые внедряют эти практики, часто сообщают об улучшении вовлеченности учащихся в экологические вопросы и повышенном чувстве социальной ответственности.

Хотя в этой статье описывается методологический подход, успешная реализация зависит от местной адаптации и приверженности школьного сообщества устойчивому развитию. Институциональная поддержка в сочетании с постоянным участием и образованием является ключом к развитию эффективной культуры управления отходами среди учащихся.

Список литературы

1. Воленко А.В. Теоретические и практические проблемы охраны окружающей среды при обращении с отходами производства и потребления / А.В. Воленко, Т.Р. Кубанов // *Обществознание и социальная психология*. – 2022. – № 7(37). – С. 250-259.
2. Морозова О.А. Понятие экологического воспитания в современной науке / О.А. Морозова // *Аллея науки*. – 2019. – Т. 2, № 6(33). – С. 823-828.
3. Зверева Э.А. Особенности современного экологического образования в учебных заведениях / Э.А. Зверева // *Science Time*. – 2015. – № 3(15). – С. 217-220.
4. Глазачев С.Н. Экологическая культура как вершинное достижение личности: сущность, содержание, пути развития / С.Н. Глазачев // *Вестник международной академии наук. Русская секция*. – 2015. – № 1. – С. 20-23.
5. Ясвин В.А. Экологическая политика в сфере формирования культуры: цели и результаты / В.А. Ясвин // *Социально–политические исследования*. – 2020. – № 4. – С. 147-156.
6. Анудариева Д.Ц. Формирование экологической культуры обучающихся общеобразовательных организаций в области обращения с твёрдыми коммунальными отходами / Д.Ц. Анудариева, Ж.А. Леснянская, Л.В. Копылова // *Ученые записки Забайкальского государственного университета*. – 2021. – Т. 16, № 4. – С. 85-94.
7. Полещук Ю.А. Психологическое сопровождение развития экологической культуры студентов / Ю.А. Полещук // *Вестник Международной академии наук (Русская секция)*. – 2012. – № 5. – С. 145-147.
8. Кашлев С.С. Формирование экологической культуры школьников как содержательная основа деятельности образовательных организаций / С.С. Кашлев, // *Вестник Международной академии наук (Русская секция)*. – 2020. – № 1. – С. 26-30.
9. Morokina I. Ecological education of junior high school students in after–hour activity / I. Morokina // *Детство, открытое миру: актуальные вопросы образования: сборник научных материалов VIII Всероссийской научно–практической конференции, 20 июля 2015 года*. – Екатеринбург: Уральский государственный педагогический университет, 2016. – Р. 138-140.

УДК 342

EDN [GTMVFF](#)

Анализ методологии конституционного права

С.А. Петракова

Вологодский государственный университет, ул. Ленина, 15, Вологда, 160000, Россия

E-mail: petrakovasa@vogu35.ru

Аннотация. Исследование посвящено анализу методологии конституционного права. Актуальность поставленной проблемы связана с тем, что развитие науки на современном этапе характеризуется повышенным интересом к вопросам методологии. Определено, что основная роль методологии заключается в возможности исследовать социально-экономические отношения, выявлять закономерности и взаимосвязи, на основе которых функционирует общество. Представлены основные составляющие методологии: объект предмет, принципы и методы науки. Рассмотрен предмет конституционного права, как закономерности развития общественных отношений. Исследованы объекты науки: явления и процессы, которые осуществляются в рамках конституционного права, такие как нормы, институты, влияющие на развитие общества и эффективность конституционного права на практике. Проанализированы принципы конституционного права, как правила, которые помогают исследовать предмет и объект науки, в частности, такие принципы как рациональность, неотчуждаемость прав и свобод, эмпирическое познание. Представлены всеобщие, общенаучные и частные методы конституционного права. В завершении работы сделаны вывод о том, что методология конституционного права позволяет исследовать правовые объекты и развиваться данной отрасли науки, вовлекая новые объекты исследования в связи с развитием социально-экономических отношений.

Ключевые слова: конституционное право, методология, объект и предмет конституционного права, принципы и методы конституционного права.

Analysis of the methodology of constitutional law

S.A. Petrakova

Vologda State University, Lenina, 15, Vologda, 160000, Russia

E-mail: petrakovasa@vogu35.ru

Abstract. The study is devoted to the analysis of the methodology of constitutional law. The relevance of the problem posed is due to the fact that the development of science at the present stage is characterized by increased interest in questions of methodology. It has been determined that the main role of the methodology is the ability to explore socio-economic relations, identify patterns and relationships on the basis of which society functions. The main components of the methodology are presented: object, subject, principles and methods of science. The subject of constitutional law is considered as a pattern of development of social relations. The objects of science are studied: phenomena and processes that are carried out within the framework of constitutional law, such as norms, institutions that influence the development of society and the effectiveness of constitutional law in practice. The principles of constitutional law are analyzed as rules that help to study the subject and object of science, in particular, such principles as rationality, inalienability of rights and freedoms, empirical knowledge. General, general scientific and particular methods of constitutional law are presented. At the end of the work, concluded that the methodology of constitutional law makes it possible to study legal objects and develop this branch of science, involving new objects of research in connection with the development of socio-economic relations.

Keywords: constitutional law, methodology, object and subject of constitutional law, principles and methods of constitutional law.

1. Введение

Конституционное право является наукой. Как и любая другая наука, Конституционное право включает в себя методологическую основу: предмет, объекты изучения, принципы и методы исследования [1]. Развитие современной науки на современном этапе характеризуется повышенным интересом к вопросам методологии. Методология позволяет исследовать социально-экономические отношения глубоко и систематично, выявлять закономерности и функциональные зависимости явлений.

2. Постановка задачи (Цель исследования)

Цель исследования – анализ методологии конституционного права. Для достижения цели необходимо решить следующие задачи: во-первых, рассмотреть предмет и объекты науки, во-вторых, проанализировать принципы и методы конституционного права.

3. Методы и материалы исследования

В работе применены общенаучные подходы к исследованию методологии конституционного права. Выбранные методы можно разделить на три группы: всеобщие, общенаучные и частные.

4. Полученные результаты

Научный потенциал исследования предметной области заложен в исследовании методологии [3]. Предметом изучения науки конституционное право являются закономерности развития общественных отношений, определяющие: основы конституционного строя; права и свободы человека и гражданина; взаимодействие человека, гражданского общества с государством; принципы взаимодействия органов государственной власти на разных уровнях.

К объектам изучения науки конституционное право относят явления и процессы, которые осуществляются в рамках данной предметной области: конституционно-правовые нормы и институты; механизмы реализации конституционных норм и институтов; влияние конституционно-правовых норм и институтов на развитие общества; эффективность конституционно-правовых норм и институтов и т.д.

Принципы и методы позволяют систематизировать, понимать, уточнять социально-экономические процессы, а следовательно, управлять ими [2]. Рассмотрим

принципы и методы конституционного права и отметим, что приведённый перечень принципов и методов не является исчерпывающим. Остановимся на анализе основных.

Принципы исследования конституционного права – это все то, что помогает правильно понять предмет и объект изучения. К основным принципам относят: эмпирическое познание, принцип неотчуждаемости прав и свобод человека, принцип рациональности.

Эмпирическое (мировоззренческое) познание позволяет понять те ценности, которые заложены в конституционные нормы и отношения. Эмпирические (опытные) данные используются для построения прогноза результатов исследований в рамках науки конституционного права.

Принцип неотчуждаемости прав и свобод человека. Значение данного принципа позволило рассматривать человека, как главного актора общественных отношений, отодвинув всевластие государства, на второстепенный план. Такой подход объясняет равенство людей и власти.

Принцип рациональности позволяет выявлять закономерности развития, правила и способы получения знаний в области конституционного права.

Методы исследования, это способы познания, позволяющие осуществлять познание действительности в определенной предметной области [4]. Методы конституционного права рассматриваются как система, включающая в себя три группы методов научного познания:

1) всеобщие методы научного познания предмета и объектов конституционного права. Всеобщие методы, применяемые в конституционном праве, включают метафизику, материалистическую диалектику и идеалистическую диалектику.

Метафизика предполагает исследование объектов как вечные и неизменные институты, глубоко не связанные друг с другом и с иными общественными явлениями.

Материалистическая диалектика позволяет исследовать развитие институтов в конкретной исторической обстановке и во взаимосвязи с другими явлениями, а появление конституции связано с социально-экономическими изменениями в обществе.

Идеалистическая диалектика помогает рассмотреть причины появления конституции, которые связаны с согласованием воли людей (т.е. на договорных основах).

2) общенаучные методы научного познания конституционного права: анализ, синтез, системный подход, функциональный подход.

3) частные методы научного познания конституционного права. Частные методы научного познания – инструменты, которые являются следствием усвоения конституционным правом научных достижений технических, гуманитарных и естественных наук. Следует отметить, что среди частных методов исследования есть методы, которые являются сугубо юридическими: формально-юридический метод и сравнительно-правовой метод.

Рассмотрим потенциал некоторых частных методов исследования конституционного права, представленных на рисунке 1.

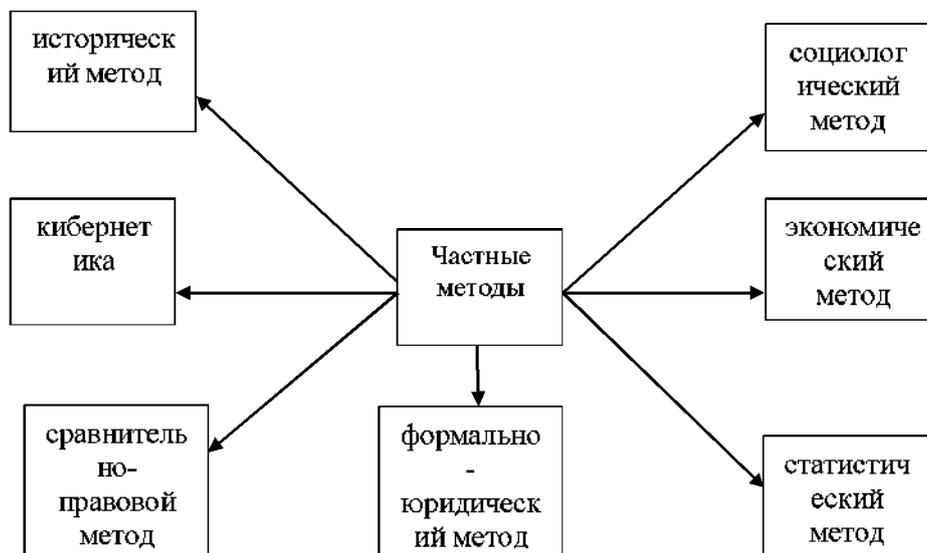


Рисунок 1. Частные методы научного исследования.

Исторический метод позволяет определить связь прошлого и настоящего, выявить закономерности развития конституционных норм и отношений, основы которых возникали в разные исторические периоды, когда с их помощью решались конкретные актуальные юридические задачи.

Статистический метод предполагает применение статистического анализа данных, позволяющих оценивать конституционные нормы и отношения. Значение статистического метода нельзя принижать. Статистические данные являются индикаторами социально-экономических процессов, на которые реагируют различные науки, включая конституционное право.

Экономический метод предполагает анализ конституционных норм и отношений с точки зрения выгод и издержек, возможностей и ограничений для субъектов экономики осуществлять хозяйственную деятельность. В последнее время очень часто рассуждают о научных исследованиях в области конституционной экономики. Конституционная экономика — это наука, возникшая на стыке права и экономики и объясняющая экономические процессы с точки зрения достигнутого уровня правового развития общества. Применение экономического метода актуально и на этапе реализации конституции, и на этап проектирования новых законов, позволяющих концептуальное представление о данной предметной области [5, 6].

5. Выводы

Таким образом, методология конституционного права включает в себя предмет, объекты, принципы и методы, позволяющие фундаментально исследовать правовые объекты. Методология конституционного права позволяет развиваться данной отрасли науки, вовлекая новые объекты в связи с развитием социально-экономических отношений.

Список литературы

1. Андронович С.А. Применение принципов институционального анализа в исследовании экономической безопасности социально-экономических систем / С.А. Андронович // Экономическая безопасность и маркетинговое управление социально-экономическими системами: сборник научно-практической конференции (Кострома, 20-21 октября 2020г.). – 2020. – С. 151–156.
2. Крылова Е.В. Развитие эволюционного подхода как методологии научного исследования / Е.В. Крылова // Донецкие чтения 2022: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : Материалы VII Международной научной конференции, посвящённой 85-летию Донецкого национального университета, Донецк, 27–28 октября 2022 года / Под общей редакцией С.В. Беспаловой. Том 5. Часть 2. – Донецк: Донецкий национальный университет, 2022. – С. 282-285.
3. Крылова Е.В. Институциональные основы экономической безопасности: методологический и теоретический аспект / Е.В. Крылова // Вестник ВУиТ. – 2019. – № 3 (2). – С. 95–102.

4. Петракова С.А. Конституционное право: Учебно-методическое пособие / С. А. Петракова. – Вологда: Вологодский государственный университет, 2022. – 54 с.
5. Петракова С.А. Правовой и экономической подход к анализу преступлений / С.А. Петракова, Е.В. Крылова // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. – 2020. – Т. 1. № 2(95). – С. 240-247.
6. The Concept of the Power's Influence on the Economy: Theory and Methodology of the Issue / E.V. Krylova, S.A. Andronovich, T.P. Maksimova, L. R. Mukhametova // ACM International Conference Proceeding Series : 4, St. Petersburg, 18–19 марта 2021 года. – St. Petersburg, 2021. – P. 3490880. <https://www.doi.org/10.1145/3487757.3490880>.

УДК 66.021.2.3.048

EDN [YEJZLI](#)

Применение цифровых тренажеров RTSIM.карьера в образовании

Д.И. Гарафутдинова, И.В. Мерзляков, Э.В. Гарифуллина*, В.В. Бронская

Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. Карла Маркса, 68, Казань, Респ. Татарстан, 420015, Россия

*E-mail: GarifullinaEV@fnnh.ru

Аннотация. В профессии инженера-технолога особенно важно уметь управлять технологическим процессом: безопасная эксплуатация установок, поддержание параметров технологического режима работы, обеспечение комплекса предупредительных сигналов и метрологической поддержки заданных параметров качества продукции. Для этого многие компании используют цифровые тренажеры, незаменимые инструменты в профессиональной подготовке сотрудников нефтегазовой промышленности, которые позволяют им тренироваться в различных ситуациях и условиях, возникающих в процессе работ. Этот метод способен не только повысить квалификацию работников, но и минимизировать расходы на обучение кадров, так как сотрудникам предоставляется возможность самостоятельно отрабатывать определенные навыки и умения. Кроме того, работа на таком тренажере позволяет избежать инцидентов, которые могут привести к серьезным последствиям, как для сотрудников предприятия, так и для окружающей среды. В данной статье детально рассмотрен один из типов данных тренажеров – инженерная среда RTSIM.карьера - сочетающая адекватность моделирования с удобством и простотой разработки тренажера. Этот комплекс предназначен для обучения и контроля знаний работников по освоению технологического процесса, системы управления, а также различных сценариев эксплуатации. Представлены достоинства программы, ее интерфейс, краткое описание тренажеров технологических установок, а также ее производственная значимость.

Ключевые слова: тренажер, моделирование, образование.

Digital simulation of the absorption process in the RTSIM engineering environment

D.I. Garafutdinova, I.V. Merzlyakov, E.V. Garifullina*, V.V. Bronskaya

Kazan National Research Technological University, 68 Karl Marx st., Kazan, 420015, Russia

*E-mail: GarifullinaEV@fnnh.ru

Abstract. In the profession of a process engineer, it is especially important to be able to manage the technological process: safe operation of installations, maintaining the parameters of the technological mode of operation, providing a set of warning signals and metrological support for the specified parameters of product quality. For this purpose, many companies use digital simulators, indispensable tools in the professional training of oil and gas industry employees, which allow them to train in various situations and conditions that arise during the work process. This method can not only improve the skills of employees, but also minimize the cost of training personnel, as employees are given the opportunity to independently develop certain skills and abilities. In addition, working on such a simulator allows you to avoid incidents that can lead to serious consequences, both for employees of the enterprise and for the environment. This article discusses in detail one of the types of these simulators – the RTSIM engineering environment - combining the adequacy of modeling with the convenience and simplicity of developing a simulator. This complex is designed to train and control employees, knowledge on mastering the technological process, control system, as well as various operating scenarios. The advantages of the program, its interface, a brief description of the simulators of technological installations, as well as its production significance are presented.

Keywords: simulator, modeling, education.

1. Введение

В последнее время цифровые тренажеры нашли широкое применение в различных отраслях. Они позволяют обучаться, не рискуя жизнью и здоровьем, и сокращают риски для окружающих. Особенно важно это в таких отраслях, как авиация, космическая и нефтегазовая промышленность, где промах может привести к катастрофе. Предприятия нефтегазового комплекса взрывопожароопасны, поэтому персоналу таких производств обязательно необходимо проходить обучение на тренажерах. Студентам, которые обучаются по направлениям химическая технология и в будущем планируют связать свою жизнь с нефтегазовой отраслью для безопасного перехода от студенческой скамьи к рабочему месту, для снижения времени адаптации на рабочем месте необходимо еще в институте учиться работать на цифровых тренажерах процессов, схожих с теми, что применяются на производствах. Для этого на кафедре ХТПНГ ФГБОУ ВО «КНИТУ» в процессе обучения применяют тренажеры РТСИМ. Карьера [1-5].

Среда предоставляет возможность моделировать различные инженерные процессы, сохраняет полученные данные в базе, на основе которых выявляются закономерности, тренды и аномалии, которые могут указывать на проблемы или потенциальные риски.

2. Постановка задачи (Цель исследования)

При использовании цифровых тренажеров решается задача безопасного изучения основных технологических процессов, ознакомление представленных тренажеров, возможность отработки теоретических знаний и практических умений в режиме реального времени на поле оператора с установками, максимально приближенных к реальным.

Тренажер РТСИМ - роботизированный тренажер для системного инженерного моделирования, включающий в себя практическое обучение, моделирование и симуляцию. Среда предоставляет возможность моделировать различные инженерные процессы, сохраняет полученные данные в базе, на основе которых выявляются закономерности, тренды и аномалии, которые могут указывать на проблемы или потенциальные риски.

3. Методы и материалы исследования

В работе оператора химико-технологический процессов наиболее значимые операции: пуск, останов и ведение процесса, и выход из аварийных ситуаций. Для изучения и закрепления таких последовательностей компьютерный тренажер должен обладать соответствующим функционалом. РТСИМ. Карьера предоставляет инструктор со списком действий оператора (рисунок 1), журнал сработок ПАЗ (рисунок 2), параметры технологического режима (рисунок 3).

Протокол виртуального инструктора							
№	Объект	Содержание инструкции		Параметры	Выполнение инструкции		
		Расположение объекта	Действие над объектом		Состояние	Последов-ть	Параметры
1	Z-001	На линии кислого газа	закрыть ручную задвижку		выполнено	соблюдена	
2	U-004	На линии отработ. газа на факел	открыть отсечной клапан		выполнено	соблюдена	
3	U-005	На линии отработ. газа на г/у	закрыть отсечной клапан		выполнено	соблюдена	
4	TIRCA-012	На линии насыщ. МЗА к г.у.	включить руч. режим		выполнено	соблюдена	
5	TIRCA-012	На линии насыщ. МЗА к г.у.	закрыть регулирующий клапан		выполнено	соблюдена	
6	Z-013	На линии реген. МЗА (обр.)	закрыть ручную задвижку		выполнено	соблюдена	
7	Z-012	На линии реген. МЗА (прям.)	закрыть ручную задвижку		выполнено	соблюдена	
8	FIRCA-001	На линии регенер. МЗА в К-001	включить руч. режим		выполнено	соблюдена	
9	FIRCA-001	На линии регенер. МЗА в К-001	закрыть регулирующий клапан		выполнено	соблюдена	
10	FIRCA-003	На линии насыщ. МЗА к г.у.	включить руч. режим		выполнено	соблюдена	
11	FIRCA-003	На линии насыщ. МЗА в Т-001	открыть регулирующий клапан	100 %	выполнено	соблюдена	100,00
12	Z-009	На линии нагнетания Н-003	закрыть ручную задвижку		выполнено	соблюдена	
13	H-001A		отключить		выполнено	соблюдена	
14	Z-014	На линии дренажа К-001	открыть ручную задвижку	100,00 %	выполнено	соблюдена	100,00

Рисунок 1. Виртуальный инструктор.

Журнал сработки блокировок системы ПАЗ						
№	Наименование блокировки ПАЗ	Причина	Наименование объекта	Позиция объекта	Команда	Время и дата
1.	Высокое давление в E-1		Клапан	UV-005	Открыть	23:31:47 06.11.2024
2.	Низкий уровень E-1		Насос	H-1A	Отключить	23:37:13 06.11.2024
3.	Низкий уровень E-1		Насос	H-1B	Отключить	23:37:13 06.11.2024

Рисунок 2. Журнал сработок ПАЗ.

Журнал параметров технологического режима										
№	Позиция	Параметр	Значение	Задание	Норма ↓	Норма ↑	LL	L	H	HH
1.	PIR-107B	Давление, КПа	603,513	---	---	---	---	---	---	---
2.	PIRCA-001	Давление, КПа	576,550	576,600	520	580	---	500	600	---
3.	PIR-107A	Давление, КПа	576,550	---	---	---	---	---	---	---
4.	PIR _{PIR-107A}	Давление, КПа	639,077	---	620	680	---	---	---	---
5.	PZSA-111	Давление, КПа	541,693	---	---	---	---	---	---	650
6.	PIR-112	Давление, КПа	687,125	---	---	---	---	---	---	---
7.	PIRCA-002	Давление, КПа	460,317	500,000	480	530	---	430	530	570
8.	PIR-119	Давление, КПа	184,692	---	---	---	---	---	---	---
9.	PIR-101	Давление, КПа	218,968	---	---	---	---	---	---	---
10.	AIRA-002	Концентрация, %масс	85,848	---	80	96	---	85	---	---
11.	AIRA-001	Концентрация, %масс	94,406	---	80	99	---	85	---	---
12.	И-бутан	Концентрация, %масс	30,840	---	---	---	---	---	---	---
13.	Н-бутан	Концентрация, %масс	67,760	---	---	---	---	---	---	---
14.	Н-бутан	Концентрация, %масс	0,000	---	---	---	---	---	---	---
15.	И-бутан	Концентрация, %масс	0,000	---	---	---	---	---	---	---
16.	PDIRA-107A	Разность давлений, КПа	26,963	---	---	---	---	---	33	---
17.	PDIRA-107B	Разность давлений, КПа	35,564	---	---	---	---	---	37	---
18.	PDIRA-107C	Разность давлений, КПа	62,527	---	---	---	---	---	70	---
19.	FIRCA-001	Расход, кг/ч	16631,902	16700,000	15500	19000	---	14750	19750	---
20.	FIR-109	Расход, кг/ч	36202,298	---	---	---	---	---	---	---
21.	FIR-118	Расход, кг/ч	5315,142	---	5000	7900	---	---	---	---
22.	FIR-102	Расход, кг/ч	11497,266	---	10500	12500	---	---	---	---
23.	FIRA-122	Расход, кг/ч	247249,364	---	321000	339600	---	---	---	---
24.	FIRC-003	Расход, кг/ч	0,000	---	---	---	---	---	---	---
25.	TIRCA-002	Температура, °C	50,828	50,800	48	51	---	46	53	---

Рисунок 3. Параметры технологического режима.

4. Полученные результаты

В функционал приложения входят такие возможности, как:

- имитация процессов различных уровней сложности (рисунок 4);
- изучение работы аппаратов химической технологии;
- отработка правильной последовательности действий при нормальном пуске и нормальном останове оборудования;
- отработка быстрых и точных действий при аварийном останове оборудования по наиболее распространенным причинам;
- мониторинг экономических показателей (рисунок 5).

Обучение			
№	НАИМЕНОВАНИЯ УПРАЖНЕНИЙ	КОЛ-ВО ВЫПОЛНЕНИЙ	СУММАРНАЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ
1.	Емкость буферная	0	00:00:00
2.	Емкость рефлюксная	0	00:00:00
3.	Теплообменник	0	00:00:00
4.	Ребойлер	0	00:00:00
5.	Аминовая очистка	0	00:00:00
6.	Колонна разделения бутанов	0	00:00:00
6.1.	Ведение ТП	0	00:00:00
6.2.	Нормальный пуск	0	00:00:00
6.3.	Нормальный останов	0	00:00:00
6.4.	Полное разрушение контактора С-1	0	00:00:00
6.5.	Прекращение подачи электричества	0	00:00:00
6.6.	Разгерметизация насоса	0	00:00:00
6.7.	Автоматизация	0	00:00:00
7.	Колонна разделения бутанов АВО	0	00:00:00
8.	Колонна разделения бутанов - экономика производства	0	00:00:00
9.	ЭЛОУ-АВТ	0	00:00:00
10.	Установка подготовки нефти	0	00:00:00
11.	Колонна стабилизации бензинов	0	00:00:00
12.	Газокомпрессорная станция поршневого типа	0	00:00:00
13.	Газокомпрессорная станция центробежного типа	0	00:00:00
14.	Узел коммерческого учета газового конденсата	0	00:00:00

Рисунок 4. Список упражнений.



Рисунок 5. Ключевые экономические показатели.

5. Выводы

Внедрение цифровых тренажеров в образовательный процесс позволяет более плавно перейти от изучения теоретических основ ведения химико-технологических процессов к управлению ими на реальных производствах. Тренажер РТСИМ.Карьера соответствует всем необходимым требованиям, которые позволяют обеспечить

возможность практической отработки теоретических знаний без риска ошибок в реальных условиях, создать условия для симуляции реальных производственных и управленческих процессов, что способствует улучшению профессиональных компетенций. Широкий список упражнений, регулярные чемпионаты, частые обновления и качественная системная поддержка делают данное приложение востребованным среди работников и студентов нефтегазохимической промышленности.

Список литературы

1. Габдрахманов Р.Р. Цифровые тренажеры технологических процессов РТСИМ.Карьера для обеспечения безопасности в нефтехимическом комплексе/ Р.Р. Габдрахманов, Э.В. Гарифуллина, В.В. Бронская, А.И. Черевина, Э.И. Мустеева // В сборнике: Наука, технологии, общество: Экологический инжиниринг в интересах устойчивого развития территорий. Сборник научных статей. Красноярск, 2023. – С. 131-135.
2. Федотов Р.А. Модифицированный алгоритм планирования процессов / Р.А. Федотов, В.В. Бронская, Д.С. Бальзамов, Т.В. Игнашина, Э.В. Гарифуллина, К.Х. Гарипов, А.В. Шипин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2024. – № 7. – С. 203-205.
3. Султанова Л.Р. Расчетные методы прогнозирования содержания светлых фракций в нефтях / Л.Р. Султанова, Р.Н. Костромин, В.В. Бронская, О.С. Харитоновна, Т.В. Игнашина, Э.В. Гарифуллина // Вестник Технологического университета. – 2022. – Т. 25. – № 6. – С. 105-109.
4. Пасконов В.М. Численное моделирование процессов тепло- и массообмена / В.М. Пасконов, В.И. Полежаев, Л.А. Чудов // Издательство «Наука». Главная редакция физико-математической литературы, 1984.
5. Деева В.С. Компьютерное моделирование в нефтегазовом деле / В.С. Деева. – Издательство Томского политехнического университета, 2018.-85 с.

УДК 101.1:316
<https://www.doi.org/10.47813/nto.5.2024.4004>

EDN [HNNWQC](#)

Динамика распространения игровых методов в экологическом просвещении, проводимых на грантовой основе (на примере Фонда Президентских Грантов)

Лев Александрович Семушкин^{1*}, Игорь Александрович Беляков²

¹Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, Уфа, Россия

²Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, Москва, Россия

*E-mail: semushkin_la@mail.ru

Аннотация. В данной статье изложено изучение актуальной тенденции финансирования экологических проектов. В качестве объекта исследуются заявки победителей конкурса Фонда Президентских Грантов по направлению природоохранному направлению, а в качестве предмета - игровые методы просвещения. Авторами выдвинута гипотеза, что игровые технологии имеют тенденцию к широкому распространению за исследуемый срок. На основе изученных за 2020-2024 годы грантов методом расчета соотношений была составлена динамика содержательности на предмет игровых методов для его реализации. Статистический анализ опроверг исследовательскую гипотезу. В качестве основной причины авторы считают отсутствие универсальной методики разработки игр экологической тематики.

Ключевые слова: игровые методы, экология, экологическое просвещение, грантовое финансирование, анализ динамики.

Dynamics of the spread of gaming methods in environmental education conducted on a grant basis (using the example of the Presidential Grants Fund)

Lev Aleksandrovich Semushkin^{1*}, Igor' Aleksandrovich Belyakov²

¹Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla, Ufa, Russia

²Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow, Russia

*E-mail: semushkin_la@mail.ru

Abstract. This article describes the study of the current trend in financing environmental projects. The applications of the winners of the Presidential Grants Fund competition in the field of environmental protection are studied as an object, and game methods of education are studied as a subject. The authors hypothesized that gaming technologies tend to become widespread over the period under study. Based on the grants studied in 2020-2024, the dynamics of content was compiled using the ratio calculation method for the subject of game methods for its implementation. Statistical analysis has refuted the research hypothesis. The authors consider the lack of a universal methodology for developing environmental-themed games as the main reason.

Keywords: game methods, ecology, environmental education, grant financing, dynamics analysis.

1. Введение

В наше время повышается рост популярности экологической тематики, вопросов более бережного отношения к природным ресурсам, животным и переработке отходов. Экологи и эоактивисты проводят не только различные мероприятия по уборке различных территорий и созданию условий для переработки различных видов мусора, но и различные формы просветительской работы. Притом, вопрос обстоит не в простом информировании, а в формировании эко-культуры, развития эко-сознания, прививания эко-привычек и т.п.

Такая, по сути своей, педагогическая задача воспитательного характера повлияла на то, какие методы будут применяться. В частности, сложность обстоит и в том, что сама логика экологических процессов (со всеми частностями) могут быть слишком трудна для понимания детьми и подростками. Ввиду этого, Салиной Еленой Александровной был рассмотрен метод игры в качестве разрешающего данную сложность [1].

С другой стороны, возникает сложность того, что сама по себе игровая деятельность не имеет однозначной оценки в применении с подростками и молодежью. В педагогической сфере компоненты игры подвержены асерторическому осмыслению, нет углубления во внутреннее устройство игрового процесса как такового и его логики, такое применение ее в той или иной сфере образовательного процесса считается приемлемым и обоснованным [2].

В любом случае, это не мешает практике игрового экологического просвещения иметь распространение, а специалистам данной сферы получать грантовое финансирование на конкурсной основе. Также ничто не мешает получать опыт, разрабатывать новые игры и игровые мероприятия, обмениваться опытом и составлять новые способы игровой экологической просветительской деятельности [3; 4; 5].

Рассмотрению динамики распространения игровых проектов в сфере защиты природы и животных на основе грантового финансирования посвящается данная статья.

Цель исследования заключается составление картины динамики распространения грантового финансирования игровых экологических проектов с 2020 по 2024 годы (включительно).

Проблемой исследования является распространенность применения игровых технологий в грантовых проектах экологической направленности.

Объект исследования состоит в победителях конкурса проектов направления охраны окружающей среды и защиты животных Фонда Президентских Грантов.

Предмет исследования состоит в игровых методах.

Методология исследования представлена составлением расчетов рядов динамики.

Исследовательская гипотеза состоит в утверждении, что игровые методы в экологических финансируемых проектах с каждым годом приобретают все большую распространенность.

2. Методы и материалы

Методология исследования представлена методами математической статистики, в частности, применялся метод рядов динамики. Данный метод направлен на выявление ростов и спадов измеряемых показателей, отслеживанию тенденций и предоставляет данные для визуализации на графиках. Данный метод не освещает причины изменения динамики и не дает картины внутреннего содержания изучаемого предмета [6].

В рамках исследования рассматривались заявки победителей на сайте Фонда Президентских Грантов направления охраны окружающей среды и защиты животных, зарегистрированных в течении периода с 2020 по 2024 включительно. Производилась оценка в качестве «просветительских» и «непросветительских» проектов по принципу заявления в них работы в сфере просвещения; формирования эко-сознания, эко-привычек, эко-поведения (и т.п.). В категорию «просветительских» не входили проекты, направленные на организацию платформы для эко-просвещения (если не заявлено проведение самой просветительской программы), информирование (по тому или иному вопросу), образование компетенциям (знаниям, умениям и навыкам) [7].

Далее производилась оценка методологии проекта на наличие игровых методов. В качестве таких методов учитывались собственно игры, конкурсы, викторины и (т.п.). В образовательных квизах игровой компонент был расценен как недостаточных для определения его в качестве игровой технологии, ввиду чего проекты, в которых среди игровых методик был заявлен только квиз, не были отнесены к игровым.

Стоит отметить, что в данном исследовании не рассматривались отклоненные заявки. Авторская задумка была ориентирована на изучение финансируемых проектов, т.е. тех предложений, которые прошли конкурсный отбор.

3. Результаты

Перед рассмотрением результатов расчетов статистики стоит указать, что были выявлены заявки, в которых указывались игровые методы, но не указывалось (или не указывалось прямо) экологическое просвещение. С другой стороны, такие проекты не превышают 1% от общего количества, ввиду чего, мы считаем данный показатель незначительным и не учитываем его в своем исследовании.

Нами были рассмотрены суммарно 956 заявок проектов победителей в период с 2020 по 2024 годов. Результаты представлены на таблице 1:

Таблица 1. Заявки победителей проектов по направлению охраны окружающей среды и защиты животных.

Год	Общее кол-во	Кол-во просветительских заявок	Кол-во игровых заявок
2020	273	179	40
2021	252	143	49
2022	218	146	50
2023	145	93	28
2024	68	47	15

Данные Таблицы 1 для удобства восприятия и визуализации картины проектов по экологическому направлению данных представлены в виде графика (рисунок 1):

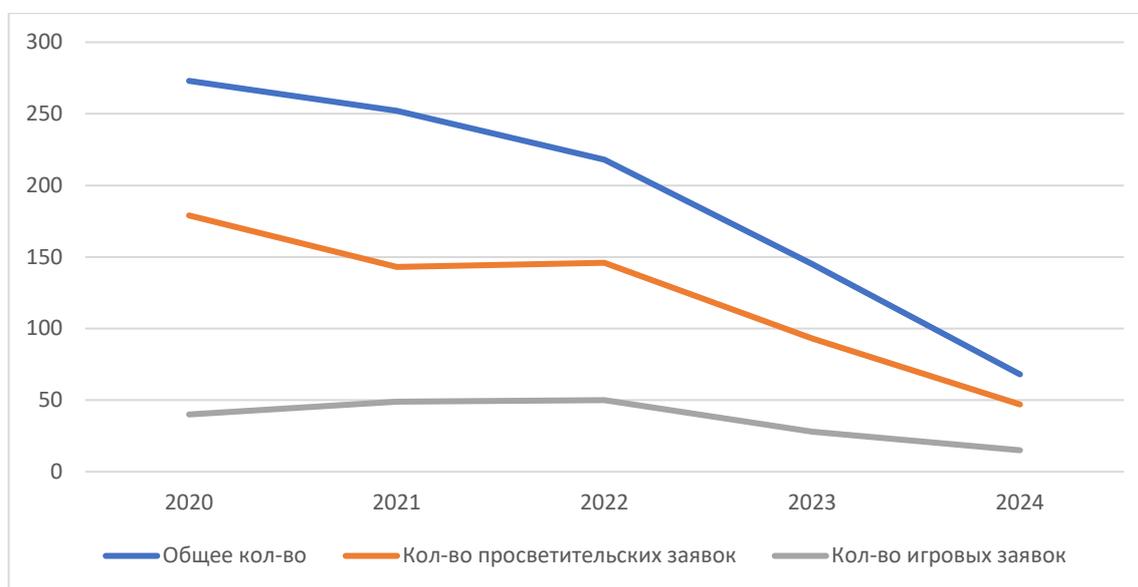


Рисунок 1. Заявки победителей проектов по направлению охраны окружающей среды и защиты животных.

По полученным данным видно, что за последние пять лет происходит снижение количества победителей конкурса Фонда Президентских Грантов по направлению

охраны окружающей среды и защиты животных. Вместе с этим изменение количества проектов, отнесенных к просветительским - два спада и небольшой рост в 2022 году. Применение игровых технологий имело рост до 2022 года, после идет спад.

Расчеты распространенности игровых технологий в проектах экологического направления методом рядов динамики представлены на таблице 2:

Таблица 2. Расчет динамики распространения игровых технологий в экологических проектах.

Год	Δб	Δц	кр б	кр ц	тр б	тр ц	тпр б	тпр ц	А% ц
2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2021	9	9	1,225	1,23	122,5	122,5	22,5	22,5	0,4
2022	10	1	1,25	1,02	125,0	102,0	25,0	2,0	0,5
2023	-12	-22	0,7	0,56	70,0	56,0	-30,0	-44,0	0,5
2024	-25	-13	0,375	0,54	37,5	53,6	-62,5	-46,4	0,3

Средний уровень ряда представлен равен 36,4.

Средний абсолютный прирост равен -6,25.

Средний темп роста равен 0,783.

Средний темп прироста равен -0,217.

Данные Таблицы 2 для удобства восприятия и визуализации картины проектов по экологическому направлению данных представлены в виде графика (рисунок 2):

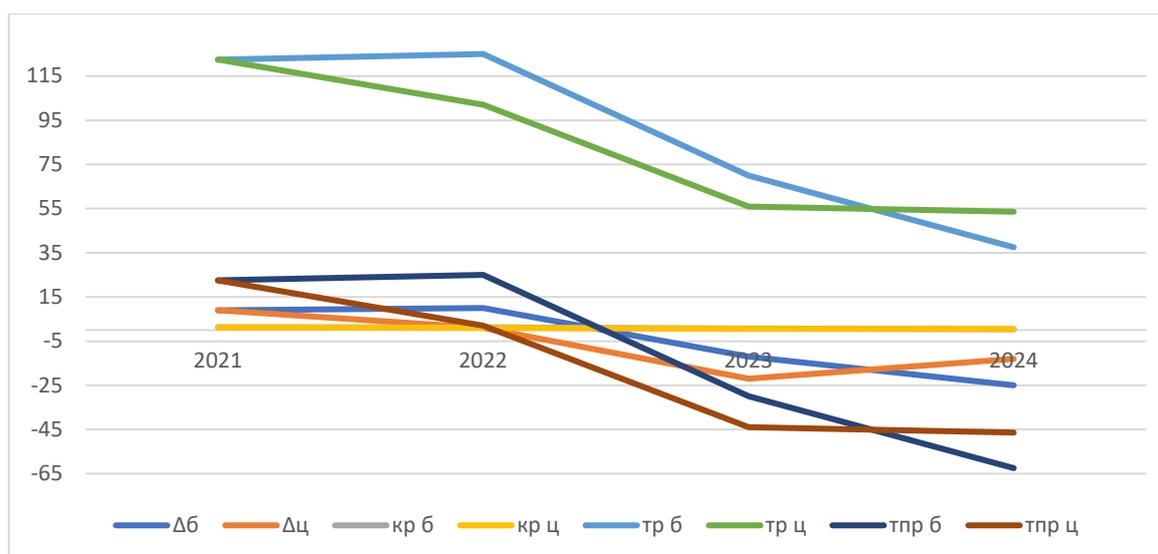


Рисунок 2. Расчет динамики распространения игровых технологий в экологических проектах.

По данным таблицы заметен небольшой рост применения игровых методов в экологических проектах после чего идет заметных спад их представленности.

Таким образом, была выявлена тенденция на снижение выделения финансирования экологических грантов, но и распространенности самих игровых методов в них падает. Следовательно, поставленная гипотеза опровергается.

4. Обсуждения и дискуссии

Исходя из полученной картины сложно говорить о сокращении государственного финансирования из-за того, что данное исследование было проведено на примере конкретного фонда, притом, без рассмотрения отклоненных заявок. С другой стороны, предоставляется возможность говорить о том, что сами по себе игровые методы реже выступают победителями конкурсов проектов фонда флагмана, что может влиять на ситуацию государственного финансирования в данном сегменте. Ввиду чего гипотеза считается опровергнутой.

В отношении причины тенденции на снижение количества проектов победителей, заявивших игровые методы объясняется нами не столько за счет спада интереса к данной тематике, сколько качеством исполнения. Т.к. сами результаты реализации проектов не рассматриваются в рамках данного исследования, но видна некоторая динамика и распространенность участия определенных экологических организаций, мы предполагаем, что основная проблема состоит именно в методологии составления таких просветительских игр.

В частности, применение игры в педагогическом аспекте, в котором, как было упомянуто, имеются проблемы осмысления игры в понятийном плане, ее несистемное, асерторическое восприятие, приводит к проблеме адаптации ее к условиям необходимости передачи логики взаимодействия человека с экосферой. Это составляет сложность составления методики разработки таких игр. Стоит еще и учесть то, что деструктивное отношение человека к природе также должно быть перенесено в игру в «негативных» красках таким образом, чтобы целевая аудитория игры переняла и присвоила себе как собственную.

С другой стороны, рассматривая проекты-победителей (в том числе, не отнесенные к просветительским) заметна некоторая монополизация данной сферы проектами, связанными с «Чистыми Играмми». Заявки содержали запросы

финансирования не только на проведения мероприятий под данным брендом, но и на обучение волонтеров, на создание условий для проведения и т.п. Данный процесс представляет научный интерес ввиду того, что, предположительно, они имеют поддержку в среде профессиональных экологов, готовых проводить просвещение в логике, представленной концепцией «Чистых Игр». По сути, это соревнования по уборке указанных территорий, чем-то напоминает стахановское движение, но на «природозащитных рельсах» [8].

Отметим, что игровые методы не ограничиваются такой формой. Среди проектов имеется множество и иных смелых предложений, которые, ввиду многогранности игрового метода, закрывают не только экологические, но и социально-педагогические запросы общества.

Стоит указать, что сама идея применения игровых технологий в просвещении, прививании того или иного поведения рассматривается авторами как перспективная, ввиду чего тенденция на снижения финансирования фондом-флагманом данного направления и вызывает интерес. Предположительно, результативность применения игры в данной сфере не имеет удовлетворительности по заданным целям и задачам в рассмотрении не только грантовых фондов, но и самих участников проекта.

Таким образом, выявляется проблема разработки методики создания таких игр, которая бы соответствовала всем тонкостям данной технологии. Игра крайне разнородна, ввиду чего развитие направление экологических игр сугубо как одного из направлений дидактических или соревновательных мероприятий не раскрывает весь потенциал данной методологии.

Нам понятная тенденция продвижения методик организации экологической работы, которые показали себя эффективно, но, в таком случае, поднимается проблема разработки и иных форм игровых технологий в экологической сфере, что способствовало бы расширению аудитории за счет иного подхода.

Следовательно, сама методика разработки таких игр, которые бы соответственно целям и задачам передавали логику экологических процессов становится актуальной проблемой в сфере эко-просвещения и эко-активизма. Предполагаем, что наличие такой методики способствовало изменению тенденции государственного финансирования подобных мероприятий и продвижения эко-сознания среди населения планеты.

5. Заключение

Государственное финансирование проектов, содержащих заявление игровых технологий, сокращается, по нашей оценке, причина этого состоит в отсутствии универсальной методики составления экологических игр, которые бы соответствовали бы интересам общества в отношении охраны окружающей среды и защиты животных. Из этого следует признать поставленную гипотезу опровергнутой.

Мы считаем, что на данный момент происходит снижение распространенности победителей грантов с игровыми методиками ввиду кризиса методологии: наиболее успешные проекты продвигаются под определенным брендом, остальные затухают, не получая распространенности (или получив единичную реализацию не передаются далее из-за собственной специфики).

Следовательно, требуется не формальное перенесение педагогического понимания игры как метода, но более глубокого, философского, осмысления игры как метода, для составления универсальной методики разработки эко-игр, которые бы отвечали интересам общества и политике РФ.

Список литературы

1. Салина Е.А. Игра как метод экологического воспитания подростков в многопрофильном учреждении дополнительного образования: диссертация ... кандидата педагогических наук: 13.00.02. – Кострома, 2002. – 187 с.
2. Шмаков Сталь Анатольевич. Игра учащихся как педагогический феномен культуры: диссертация ... доктора педагогических наук: 13.00.01. – Москва, 1997. – 409 с.
3. Попова Л.В., Таранец И.П., Пикуленко М.М. ИГРА КАК НЕОБХОДИМАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 4.
4. Ровнейко М.В. Современные формы и методы экологического просвещения молодежи / М.В. Ровнейко. — Текст: электронный // Государственная молодежная политика: вызовы и современные технологии работы с молодежью: материалы Международной молодежной научно-исследовательской конференции (Екатеринбург, 13 апреля 2021 г.). – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2021. – С. 182-187. — URL: <https://elar.urfu.ru/handle/10995/104008>.
5. Северова А.А. Игровые технологии как средство экологического воспитания младших школьников / А. А. Северова. – Текст: непосредственный // Молодой

- ученый. – 2024. – № 20 (519). – С. 671-672. – URL: <https://moluch.ru/archive/519/114063/>
6. Терехов А.М., Кувычков С.И., Миронов Н.А., Смирнов С.А. Практические аспекты статистического моделирования и прогнозирования преступности на основе данных рядов динамики / Юридическая наука и практика: Вестник Нижегородской академии МВД России. – 2021. – № 3(55). – с. 91-97.
 7. Мещеряков Е. А. Экологическое просвещение населения как мера по улучшению окружающей среды / Е. А. Мещеряков. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2024. – № 44(543). – URL: <https://moluch.ru/archive/543/118859/>
 8. Смекалин И. Кейс выпуска. Возможности использования методологии контрибутивной оценки на примере проекта "Чистые игры" / И. Смекалин // Позитивные изменения. – 2022. – Т. 2, № 2. – С. 59-66. – DOI 10.55140/2782-5817-2022-2-2-59-66. – EDN OOAMVC.

УДК 37.025.7; 159.95; 001.08

EDN [DSFWJN](#)

Методологические принципы синергетики и проблема развития творческого мышления школьников: актуальный контекст

Марина Владимировна Глебова*

Управление образования администрации города Прокопьевска, г. Прокопьевск, Кемеровская область-Кузбасс, Россия

*E-mail: mvg.office@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрена проблема развития творческого мышления обучающихся в контексте синергетической методологии, проанализированы представления о сущностной природе творческого процесса на основе принципов синергетики и нелинейной динамики. Показано, что синергетический подход может быть применен к пониманию особенностей креативного мышления, как мышления, направленного на самоорганизацию. Творческое мышление рассматривается как сложный нелинейно динамический процесс рождения новых и лично значимых идей, включенных в новую систему связей и смысловых контекстов на основе самоорганизации и принципов синергетики (гомеостатичности, динамической иерархичности, открытости, наблюдаемости, неустойчивости). Дано обоснование эвристического потенциала синергетического понимания сущности творческого процесса в сфере образования и педагогики в современных условиях.

Ключевые слова: принципы синергетики, творческий процесс, мышление, нелинейная динамика, эмерджентность, образование.

Methodological principles of synergetics and the problem of developing creative thinking of schoolchildren: current context

Marina Vladimirovna Glebova*

Department of Education of the Administration of the city of Prokopyevsk, Prokopyevsk, Kemerovo region-Kuzbass, Russia

*E-mail: mvg.office@mail.ru

Abstract. The article considers the problem of developing students' creative thinking in the context of synergetic methodology, analyzes ideas about the essential nature of the creative process based on the principles of synergetics and nonlinear dynamics. It is shown that the synergetic approach can be applied to understanding the features of creative thinking as thinking aimed at self-organization. Creative thinking is considered as a complex nonlinear dynamic process of generating new and personally significant ideas included in a new system of connections and semantic contexts based on self-organization and the principles of synergetics (homeostaticity, dynamic hierarchy, openness, observability, instability). The substantiation of the heuristic potential of the synergetic understanding of the essence of the creative process in the field of education and pedagogy in modern conditions is given.

Key words: principles of synergetics, creative process, thinking, nonlinear dynamics, emergence, education.

1. Введение

Системные кризисы современной эпохи глобальны по своему масштабу и затрагиваемым сферам деятельности. Этот нестабильный период, или «век бифуркаций», по выражению Эрвина Ласло, философа науки и интегрального теоретика (венг. Laszlo Ervin), обусловлен интерференцией многих циклических социокультурных процессов на границе экстенсивного развития техногенной цивилизации (когда резервы экстенсивного роста при данном уровне технологии исчерпываются) при одновременном формировании и усилении процессов самоорганизации нового информационного общества [1].

Важнейшими вызовами глобализации становятся информационные вызовы, влияющие на трансформацию социальных связей и ценностных ориентаций в современном мире. Доминирование коммуникационной (когнитивно-информационной) составляющей в процессах глобализации приводит к переходу эпизодических социальных практик к их устойчивым институализированным формам.

Современное состояние глобальной экосреды, помимо деградации природных объектов, характеризуется нарастающей динамикой процессов деинтеллектуализации общества: упрощается духовная жизнь людей, снижаются их способности к рациональному мышлению, интеллектуальной и творческой деятельности.

Интеллектуальные вызовы, порождаемые информационно-техногенной цивилизацией, становятся самыми масштабными за всю эпоху существования человечества, они требуют глубокого осмысления экзистенциальных проблем в контексте кризиса глобализации, понимания механизмов и путей их преодоления.

В «турбулентное время» происходят изменения (как конструктивные, так и деструктивные) мировоззрения и мышления человека, которые связаны с процессами глобализации и вызванными ими принципиальными преобразованиями социокультурной среды развитых обществ. Унифицированный в мировом масштабе характер информационного развития, формирование транснациональной информационно-телекоммуникационной киберсреды порождает немало новых и непростых проблем, прежде всего, связанных с развитием самого человека, обеспечением психологических, медицинских, нравственных аспектов взаимодействия человека с его информационным окружением.

Система образования дает своей стране многоплановое и целостное совершенствование, создает основу для развития интеллектуальных ресурсов общества.

Образование всегда являлось основной сферой, которая обеспечивала формирование и развитие интеллектуального потенциала, нестандартного мышления обучающихся и их творческих способностей. Этот обширный социальный сектор, как структурная часть глобального кризиса, в немалой степени охвачен проблемами и противоречиями, связанными с информационно-технологическими изменениями современной цивилизации. Недостаточная разработанность методов и стратегий обучения, направленных на развитие когнитивной сферы обучающихся в проблемном поле цифровизации, в профессиональной педагогической методологии не позволяет эффективно решать актуальную социально-педагогическую задачу интенсификации интеллектуального развития обучающихся.

Другими следствиями кризиса в образовательной системе являются фрагментарность и «деформация» видения реальности, снижение показателей интеллекта и рациональности мышления обучающихся, что не позволяет им в дальнейшем при реализации жизненных и профессиональных стратегий в условиях постиндустриального информационного общества адекватно реагировать на обостряющиеся кризисы во всех сферах жизни [2].

Сейчас в педагогической теории и практике происходят трансформации оснований, принципов, методов, технологий, направленных на развитие аналитического, критического мышления обучающихся. В числе приоритетных задач реализации стратегической цели государственной политики в области образования стоит задача «создания системы выявления и поддержки одарённых детей и талантливой молодежи» [3].

Синергетическая теория, как универсальная методологическая парадигма, исследующая универсальные законы развития, направлена на изучение сложных систем и явлений самоорганизации, обладает, на наш взгляд, большим потенциалом в развитии педагогического знания и решении проблем повышения качества образования посредством интенсификации интеллектуального развития обучающихся.

Цель исследования – анализ проблемы развития творческого мышления обучающихся в контексте синергетической методологии, углубление представлений о психологической природе творческого процесса на основе принципов синергетики и

нелинейной динамики, обоснование их эвристического потенциала в сфере образования и педагогики при решении задачи совершенствования умственного воспитания подрастающего поколения.

2. Материалы и методы исследования

Теоретический анализ научных исследований сущностных характеристик творчества, междисциплинарных исследований процессов самоорганизации в сложных системах, изучение и обобщение педагогического опыта, результатов исследований в области педагогики творчества.

3. Результаты и обсуждение

Цифровое гиперпотребление, конкурирующие информационные потоки, обширное количество разрозненного контента и его примитивность, скорость потребления информации имеют множество отрицательных последствий для когнитивной сферы современного человека и его интеллектуально-творческих способностей.

Недавние исследования головного мозга человека показывают, что цифровые приборы и необдуманное потребление информации влияют на кору передних долей мозга (которая контролирует организацию действий), приводят к изменениям в белом веществе мозга (уменьшается количества синапсов в частях мозга, которые отвечают за эмоции, процесс принятия решений и самоконтроль), зафиксированы изменения и в сером веществе мозга [4,5].

Неустойчивость глобальной социально-экономической системы, сопутствующее психологическое влияние информационной среды вызывает отрицательные психологические эффекты в биокогнитивной сфере человека. В этой связи остро стоит вопрос обеспечения информационно-психологической безопасности личности, сохранения ее интеллектуального потенциала и психологического здоровья, поиска эффективных механизмов решения данной проблемы.

Междисциплинарный синергетический подход считается в настоящее время наиболее современной методологической базой науки. В фокусе внимания синергетического подхода лежат процессы развития открытых динамических систем. Одним из главных преимуществ синергетической парадигмы является возможность синтеза понятийных доминант, присущих классической и пост-неклассической научным

картинам мира. Это становится возможным благодаря синергетическому принципу целостности, который позволяет разрешать противоречия между противоположными понятийными доминантами, к примеру, между детерминизмом и стохастичностью, системой и ее отдельными элементами, личностью и государством.

Синергетический подход рассматривает процессы развития в ракурсе общенаучного понятия самоорганизации. Самоорганизация представляется как спонтанное порождение структур из беспорядка и хаоса в открытых неравновесных системах, обменивающихся с окружающей их средой веществом, энергией и информацией [6, с. 279].

Синергетика, в первую очередь, представлена ее идеологами-основателями Г. Хакеном, И. Пригожиным, С. Курдюмовым. Однако в гуманитарной сфере мы находим многие идеи синергетики еще до синергетики у наших психологов, физиологов, педагогов, философов (А. Ухтомский, М. Бахтин, Л. Выготский, Г. Леонтьев, Г. Щедровицкий, В. Степин), в идеях постнеклассической науки, деятельностного подхода и развивающего обучения.

Синергетика в сфере образования и педагогики несет большой эвристический потенциал, дает не только новый язык для перевода известных положений и терминов, но и эволюционную методологию управления образовательным процессом, с учетом феноменов самоорганизации в образовательном пространстве. Развитие научного знания о динамике эволюционных процессов и технологическое применение этого знания создают эффективную основу современной саморегуляции и служат стимулом для современного мышления и эффективного, ответственного принятия решений.

Модернизация образовательной системы, по нашему мнению, должна опираться на идеи целостности и фундаментальности образования, с учетом парадигмальных изменений постнеклассической науки и перехода ее в междисциплинарную стадию. Существенное расширение понятия фундаментальности образования в контексте междисциплинарного диалога естественных и гуманитарных дисциплин как на уровне методологии средней, так и высшей школы обеспечивает целостное видение человека в системе «природа-общество-сознание», находящее свое выражение в нравственном базисе личности, социальной группы, общества. Кардинальное преобразование отечественной системы образования на основе принципов фундаментальности и целостности, с учетом синергетической методологии, решает не только традиционную

проблему передачи социального опыта, но, и в большей степени, выполняет опережающую функцию – подготовки человека к жизни в кризисных условиях, ситуации непрерывных изменений и неопределенности. Такая трансформация образовательной парадигмы способна вывести отечественное образование на качественно новый уровень и закрепить эти преимущества в мировом образовательном пространстве.

Нарастающая нестабильность мира требует пересмотра и коррекции традиционных принципов рационального подхода к природе человека, оснований его индивидуального бытия, сопряженности с природой и обществом через усиление роли междисциплинарных комплексных подходов в его изучении, прояснение экзистенциальных проблем, жизненных смыслов личности в структуре человеческого мировоззрения. Следовательно, необходима *переориентация образовательных систем на интенсивное развитие когнитивной сферы обучающихся* – познавательных психических процессов, направленных на восприятие и переработку информации, ликвидацию недостатка логического мышления, развитие волевых компонентов психики, формирование у обучающихся ответственности за свои поступки, выбор форм и направлений деятельности, учитывая, что именно обучение детерминирует развитие основных психических и личностных новообразований человека.

Концептуальная платформа синергетики дает необходимый импульс для понимания способности к продуктивной умственной деятельности и в раскрытии механизма творческого мышления, характеризующегося созданием субъективно нового продукта и новообразований в ходе самой познавательной деятельности по его созданию, приводящего к выдвижению нестандартных и оригинальных идей, обобщений и теорий, принятию оптимальных решений в условиях неопределенности.

В синергетике исследуются механизмы самоорганизации в сложных системах, выхода их на устойчивые состояния, структуры-аттракторы (варианты развития).

Творческое мышление с точки зрения нелинейно-динамического подхода, полагаем, характеризуется эффектами самоорганизации: многомодальностью (совокупностью как минимум трех компонент: рационально-логической, эмоционально-интуитивной, инсайт), генерацией сложных ассоциаций, сложностью и нелинейностью обратных связей, самодистраиванием сознания, тесной взаимосвязью компонентов когнитивной архитектуры, открытостью (диссипативностью) мыслительного процесса и др. [7].

Процесс продуктивного (творческого) мышления с концептуальных позиций синергетического подхода может быть рассмотрен как процесс качественных изменений, который характеризуется необычной реакцией на внешние воздействия.

При этом малое воздействие оказывает большее влияние на процесс и конечный результат мышления, чем воздействие более сильное, но неадекватное тенденциям усложнения процесса мышления на различных его уровнях при попытке решить более сложную проблему, нежели позволяет исходный познавательный ресурс. В русле синергетической парадигмы мыслительный процесс, приводящий к новаторским решениям проблем, описывается как сложный нелинейно динамический процесс рождения новых и лично значимых идей, которые в последующем включаются в новую систему связей и смысловой контекст (новое структурирование целого) на основе эмерджентного принципа (перехода количественных изменений в качественные) через самоорганизацию.

Механизм творческого мышления с учетом синергетического моделирования можно представить в виде логической последовательности этапов: накопление объемного материала, первоначально допущенного как когнитивный хаос; ревизия познавательных ценностей и отсечение лишнего в критической точке бифуркации; кристаллизация главного и продуцирование нового знания; построение целостного конструкта, основанного на фактах; стабилизация состояния когнитивной системы на ее новом качественном уровне.

Разработка и использование синергетической методологии, ее принципов дает возможность по-новому подойти к исследованию научных проблем педагогики, учитывая, что именно обучение детерминирует развитие основных психических и личностных новообразований человека.

Стремление к самосохранению, свойственное всякой системе, реализуется через равновесие двух его режимов: устойчивого (консервативного) и динамического (инновационного), определяющего адекватную реакцию системы на внешние воздействия, и за счет такой сбалансированности обеспечивающее ее развитие. Иначе говоря, система представляет собой единство устойчивости и изменчивости, которое можно описать с помощью основных принципов синергетики.

В.Г. Буданов выделяет семь основных методологических принципов синергетики, определяющих устойчивость и процессы развития сложных систем. К ним относятся:

1. **Принцип гомеостатичности**, свойственный всем сложным саморегулирующимся системам (заключается в сохранении критически важных для системы параметров, компенсирующих в допустимых пределах возмущения среды через противодействие поступающим из нее информационным потокам, дестабилизирующим устойчивость основных элементов системы).
2. **Принцип иерархичности системы** (определяет организацию внутренней структуры системы с учетом субординации ее уровней).
3. **Принцип нелинейности**, обеспечивающий возможность многовариантного развития (фиксирует направление развития системы и выступает не в форме однозначно и определенно направленного вектора, по типу жестких причинно-следственных зависимостей, а как результат пересечения различных событийных потоков, усиливающих друг друга, изменяющих или сохраняющих определенные тенденции, как сложное переплетение внешних непреложностей и внутреннее преломление их в индивидуальном бытии системной организации) [8].
4. **Принцип открытости системы** (определяет самопроизвольное возникновение из неустойчивого состояния (хаоса) упорядоченных структур (через процесс самоорганизации), способных к усложнению на основе переработки новой информации, достижению полноты бытия через творческую реализацию).
5. **Принцип неустойчивости системы** (выступает качестве предпосылок стабильности и динамического развития, является фактором структурирования новых форм системы, позволяющим преодолевать грани между новым и старым качеством через точки бифуркации).
6. **Принцип наблюдаемости** (связан с непредсказуемостью изменений нелинейных процессов, с независимостью системы от средств наблюдения, ограничивающей влияние наблюдения на поведения синергетических систем).
7. **Динамическая иерархичность, или эмерджентность**, (описывает возникновение новых качеств системы на одном уровне (по горизонтали), неожиданные результаты, которые не характерны для отдельных её компонентов). Принцип эмерджентности помогает понять, как отдельные части могут совместно работать, создавая результат, который превосходит их индивидуальные функции.

Таким образом, принципы синергетики позволяют описывать общие закономерности самоорганизации сложных и сверхсложных систем, процессы любой сложности в любой системе, осуществлять трансформацию достижений различных сфер научного знания через их синтез и поиск общих закономерностей.

Высшие психические функции, к которым относится мышление, в контексте синергетики рассматриваются как синергетический объект, то есть сложная система, способная при определённых условиях качественно изменять своё состояние (неравновесные фазовые переходы) и временной психоповеденческий комплекс личности.

4. Выводы

Синергетические идеи плодотворны для понимания феномена творчества. Творческое мышление представляет собой не умение генерировать разнообразие, а концентрацию умения выбора главного, способность организовать целое. Это умение выбирать главное и избавляться от лишнего является ключевым навыком в современном мире. Самоорганизация происходит вокруг этого ключевого звена. Синергетический подход позволяет видеть в структуре креативной личности некий механизм самоорганизации, самодостраивания.

Междисциплинарная методология синергетики, новизна ее концептуальных идей самоорганизации связана с признанием способности различных систем к саморазвитию не только за счет внешних возмущений (энергии, информации), но прежде всего за счет использования своих внутренних возможностей.

Вопрос о методах стимулирования саморазвития обучающихся непосредственно связан с проблемой раскрытия когнитивного потенциала личности. Данная проблема остается одной из малоизученных в педагогической науке, ее решение в значительной степени лежит не в плоскости теории, а на уровне образовательной технологии. Разработка и использование синергетической методологии, ее принципов дает возможность по-новому и продуктивно подойти к исследованию научных проблем педагогической психологии и дидактики, найти конструктивные решения проблемы развития интеллектуально-творческого потенциала подрастающего поколения в современной образовательной практике.

Список литературы

1. Капица С.П. Синергетика и прогнозы будущего: Кн.2: Образование. Демография. Проблемы прогноза. Изд.4, испр. и суц. дополн. // С.П. Капица, С.П. Курдюмов, Г.Г. Малинецкий Г.Г. – М.: Acta Physicochimica: URSS. – 2020. – № 100. – С. 384.
2. Лебедев С.А. Философские основания классической, неклассической и постнеклассической науки / С.А. Лебедев С.А., В.Д. Ребрищев // Современные философские исследования. – 2024. – № 1. – С. 57-66.
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 19.10.2023 № 1738 «Об утверждении Правил выявления детей и молодежи, проявивших выдающиеся способности, и сопровождения их дальнейшего развития». – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202310190047ф> / (дата обращения: 01.09.2020).
4. Каркашадзе Г.А. Цифровые устройства и когнитивные функции у детей / Г.А. Каркашадзе, Л.С. Намазова-Баранова, Е.А. Вишнева и др. // Вопросы современной педиатрии. – 2021. – 20(6). – С. 506-520. doi: 10.15690/vsp.v20i6.2357
5. Wu D. How Early Digital Experience Shapes Young Brains During 0-12 Years: A Scoping Review / D. Wu, X. Dong, D. Liu, H. Li // Early Education and Development. – 2023. – Vol. 35(7). – P. 1395-1431. <https://doi.org/10.1080/10409289.2023.2278117>
6. Урсул А.Д. Универсальный эволюционизм: информационно-синергетический подход и общенаучные принципы / А.Д. Урсул // Социально-гуманитарные знания. – 2006. – № 6. – С.278-294.
7. Глебова М.В. Эффекты самоорганизации творческого мышления с позиций нелинейной динамики / М.В. Глебова // Научный потенциал. – 2024. – № 2-2 (45). – С. 66-71.
8. Буданов В.Г. Методология синергетики в постнеклассической науке и в образовании. Изд. 3-е дополн. / В.Г. Буданов. – М.: Издательство ЛКИ. – 2009. – 240 с. (Синергетика в гуманитарных науках).

УДК 7
<https://www.doi.org/10.47813/nto.5.2024.5001>

EDN [TFYKXG](#)

Анализ «холодной абстракции» и «горячей абстракции» в абстрактной живописи

Лю Лутэн

Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Томск, Россия

*E-mail: 1204657572@qq.com

Аннотация: Абстрактную живопись можно условно разделить на две категории, а именно «горячую» и «холодную» абстракцию. Среди них представителем холодной абстракции является Мондриан, который делает акцент на рациональности, и его работы обычно показывают рациональное и спокойное мышление, характеризующееся рационализмом; «горячая абстракция» основана на Кандинском, чьи работы часто показывают сильные и характерные эмоции, характеризующиеся чувственностью. Хотя между ними есть определенные различия, они также имеют общие художественные характеристики и тесные внутренние связи. В данной работе «холодная абстракция» и «горячая абстракция» подвергаются дальнейшему изучению, исследуются различия и связи в художественном выражении, искусстве живописи и эволюции стиля, чтобы исследовать «холодную абстракцию» и «горячую абстракцию». и «горячую абстракцию», чтобы исследовать художественный подтекст «холодной абстракции» и «горячей абстракции».

Ключевые слова: абстракционизм; холодная абстракция; горячая абстракция; художественное выражение; стилистическое развитие.

An exploration of cold abstraction and hot abstraction in abstract painting

Liu Luteng

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

*E-mail: 1204657572@qq.com

Abstract: Abstract painting can be roughly divided into two categories, namely ‘hot abstraction’ and ‘cold abstraction’. Among them, the representative of cold abstraction is Mondrian, who emphasises on rationality, and his works usually show rational and calm thinking, characterised by rationality; ‘hot abstraction’ is based on Kandinsky, whose works often show strong and distinctive emotions, characterised by sensibility. Although there are certain differences between the two, they also share common artistic characteristics and close inner connections. In this paper, ‘cold abstraction’ and ‘hot abstraction’ are further researched, and the differences and connections in artistic expression, painting art and style evolution are explored, in order to explore ‘cold abstraction’ and ‘hot abstraction’. to explore the artistic connotation of ‘cold abstraction’ and ‘hot abstraction’.

Keywords: Abstractionism; cold abstraction; hot abstraction; emotional expression

1. Введение

Холодная абстракция, также известная как геометрическая абстракция или рациональная абстракция, зародилась в Европе в начале XX века и была представлена русским художником Кандинским и голландским художником Мондрианом. Работы этого жанра подчеркивают красоту формы и точное использование геометрических фигур, стремясь к безличному совершенству и общей структуре картины. Термальная абстракция, также известная как лирическая абстракция или экспрессивная абстракция, напротив, делает больший акцент на прямом выражении эмоций и свободном потоке красок, и представлена такими американскими художниками, как Поллок и де Кунинг. Через неравномерное сочетание точек, линий, поверхностей и цветов художники горячей абстракции выражают свои внутренние эмоции и чувства, создавая вид искусства, полный динамизма и жизненной силы.

В последние годы, с непрерывным развитием теории искусства и ростом благосостояния художественного рынка, исследования холодной и горячей абстракции также достигли значительного прогресса. Ученые провели глубокий анализ и обсуждение этих двух жанров с различных точек зрения, таких как история искусства, эстетика, психология и т.д., выявляя их соответствующие уникальные художественные характеристики и выразительные методы.

Цель данной работы - глубже изучить художественные особенности и выразительные методы холодной абстракции и горячей абстракции в абстрактной живописи, а также раскрыть их соответствующие уникальные художественные чары и эстетические ценности посредством глубокого анализа и сравнения работ этих двух жанров. В то же время в данной работе мы рассмотрим применение и влияние холодной абстракции и горячей абстракции в современном художественном дизайне и творческих индустриях, изучим, как они могут интегрироваться с современным обществом, культурой, наукой и технологиями, привнеся новую силу и креативность в художественное творчество и промышленное развитие.

Это исследование имеет не только важное академическое значение, но и далеко идущее практическое значение для художественного творчества и дизайнерской практики. Благодаря глубокому изучению холодной и горячей абстракции мы сможем лучше понять разнообразие и сложность абстрактной живописи, освоить ее художественные особенности и методы выражения, а также получить полезные

рекомендации и вдохновение для художественного творчества. В то же время это исследование будет способствовать развитию современного арт-дизайна и творческих индустрий, а также придаст новую силу и креативность художественному творчеству и промышленным инновациям.

2. Материалы и методы

В данной работе используются теоретический анализ, сравнительный анализ и обобщение. Данная статья анализируется на основе существующих теорий, введенных в данной работе для изучения понятия абстрактной теории искусства и характеристик абстрактного внимания, использования сравнительного анализа, соответственно, на абстрактном понятии «горячая абстракция» и «холодная абстракция», между связью между Используя метод сравнительного анализа, соответственно изучается связь между «горячей абстракцией» и «холодной абстракцией» в концепции абстракции, и, наконец, анализируются и изучаются различия и сходства между «горячей абстракцией» и «холодной абстракцией» с помощью метода индукции и обобщения.

2.1. Художественное выражение "холодной абстракции" и "горячей абстракции"

В XX веке появление абстрактного искусства вызвало ряд изменений в языке художественных форм, концепции моделирования, духовном измерении и т.д. Абстракция - это искусство, в котором художник упрощает изображение реальных природных объектов или полностью абстрагирует их. Эстетическая составляющая этого искусства выражается в формальном сочетании линий и цветов [1]. Абстрактное искусство, относится к художественным произведениям, в выражении которых используется нефигуративный художественно-табличный метод, в произведении искусства в значительной степени отходят или полностью отказываются от изображения реального внешнего вида предмета, уделяют больше внимания форме, цвету и другим аспектам субъективного выражения. С тех пор как была предложена концепция абстракционизма, в области искусства было создано множество различных научных школ, и двумя наиболее представительными художниками являются Мондриан, представитель "холодной абстракции", и Кандинский, представитель "горячей абстракции". Однако, независимо от того, к какой школе они принадлежат, их общей чертой является попытка разрушить традиционную концепцию, согласно которой живопись должна имитировать природу [2].

"Холодная абстракция" также называется "Геометрическая абстракция", имеет рациональные характеристики, представительной фигурой является Мондриан, в своих работах отказывается от конкретного сюжета и содержания изображаемых объектов, выделяя точки, линии, поверхности, цветовые блоки и композиции, и более ярко выражает внутренние ощущения, подчеркивая эмоции, чувства, ритмы и другое абстрактное содержание, используя для выражения чистый язык живописи. В своих работах он отказался от изображения конкретного сюжета и содержания предметов, сделал акцент на точках, линиях, поверхностях, цветовых блоках и композициях, и более ярко выразил свои внутренние переживания. Работы "холодной абстракции" геометрически ориентированы, отличаются строгостью и рациональностью. Большинство работ Мондриана демонстрируют прямоугольные формы на картине, изображенные со спокойствием, рациональностью и точностью, с использованием прямых и горизонтальных линий и других регулярных графических элементов, чтобы показать ощущение порядка в картине, поэтому работы Мондриана кажутся стремлением к определенному ощущению регулярного порядка, или стремлением к смыслу в самой форме или в содержании. Абстрактное искусство "Холодной абстракции" обладает позитивным мистицизмом, отталкиваясь от основных цветов - желтого, синего и красного, поэтому "Холодная абстракция" в использовании цвета, помимо белого и черного, использует только основные три первичных цвета: красный, желтый и синий. Согласно принципу рационального мышления, чистые цвета выстраиваются в картину с философской точки зрения, чтобы достичь внутреннего покоя; "холодная [3].

"Тепловая абстракция", известная как чувственная абстракция и лирическая абстракция. Ее настольным персонажем является Кандинский, главной особенностью его работ является игнорирование конкретного содержания и сюжета, выделение нерегулярного сочетания цветов вместе, свободной точки, линии, отношений поверхности и пространственной компоновки, использование цветов, линий, форм как основных средств выражения идей и вызывания чувств, отрицание объективного образа и конкретного содержания картины. Его работы выражают очарование, идущее от души, с помощью своеобразного цветового языка. Он рассматривает цвет как неотъемлемое свойство материи и духа и пытается по-своему дать ему самостоятельную жизнь. Яркие цвета и свободная экспрессия в картине придают работам уникальную форму [4].

"Тепловая абстракция", также известная как "Лирическая абстракция" или "Чувственная абстракция" в академическом мире, основными чертами тепловой абстракции являются нерегулярные цветовые сочетания и свободные отношения точек и линий, а также пространственные компоновки. Чистая тепловая абстракция мертва без каких-либо следов природы, однако часть тепловой абстракции имеет дизайнерскую форму пейзажа, ветра и облаков, дымки и тумана. Из-за потока цвета, обусловленного естественным земным притяжением, центр тяжести находится вверх и вниз по причине, цвет и линия и естественная близость. В своих работах он смело использует основные цвета и дает полную игру громкости красок. В большинстве работ красные, желтые, синие, зеленые и белые блоки сопоставлены и очерчены черными линиями. В "горячих абстрактных" изображениях основные цвета и чистые цвета свободно прыгают и переплетаются, переполненные страстным и буйным настроением, а цвета и линии передают направление, скорость и мелодию в пространстве, подобно великолепной и захватывающей симфонии [5].

Будь то "холодная абстракция" или "горячая абстракция", это художественный способ выразить и рассказать о человеческой природе с помощью абстрактных линий и цветов. Оно стремится к оригинальности и воспринимает инновации как единственное искусство.

2.2. Различия и связи между "холодной абстракцией" и "горячей абстракцией"

"Холодная абстракция" и "горячая абстракция" кажутся противоположностями, но на самом деле это два способа выражения абстракции. Обсуждаются различия и связи между "горячей абстракцией" и "холодной абстракцией" с точки зрения художественного поиска и цветового выражения эмоций между ними.

Прежде всего, художественные поиски между "горячей абстракцией" и "холодной абстракцией" различны. Горячая абстракция" делает акцент на "внутренней потребности" и считает, что "художник не должен просто имитировать реальность, а должен выражать свои собственные уникальные внутренние чувства и скрытый, глубокий и тонкий мир разума"; "холодная абстракция" стремится найти так называемый неизменный "чистый" мир. "Холодная абстракция" стремится найти так называемую неизменную "чистую" реальность, и для достижения этой цели необходимо полностью противостоять субъективным эмоциям творцов искусства и отвергнуть появление

индивидуальности. Во-вторых, картины "горячей абстракции" имеют более эмоциональные цвета, потому что "горячая абстракция" уделяет больше внимания выражению субъективных эмоций создателей, поэтому в процессе создания они будут больше полагаться на собственную интуицию для импровизации; в то время как картины "холодной абстракции" стремятся к своего рода порядку, поэтому они будут более осторожны перед созданием, и даже должны применять математику для анализа и расчета в некоторых работах, поэтому холодное абстрактное создание будет более осторожным. "Холодное абстрактное" создание картин, заключается в поиске своего рода порядка, поэтому в создании первых будет больше осторожности, более тщательного рассмотрения, и даже в некоторых работах необходимо применять математику для анализа и расчета, поэтому холодное абстрактное создание предпочитает рациональность. Опять же, с точки зрения произведений, картины "горячей абстракции" в основном создаются под влиянием чувственности, и картины вызывают у людей сильное ощущение движения, кажутся немного беспокойными и беспокойными; холодная же абстракция под рациональным руководством вызывает у людей ощущение более спокойной гармонии. Наконец, в использовании самых основных формальных факторов, цвет играет более активную роль в "горячей абстракции", в то время как композиция формы более важна в "холодной абстракции". Связь между "горячей абстракцией" и "холодной абстракцией". Прежде всего, они оба относятся к абстрактной живописи, и оба являются своего рода "предательством" фигуративной живописи. Они отказываются от традиционного языка фигуративной живописи и создают новый язык абстрактной живописи. Во-вторых, помимо работ с горячей и холодной абстракцией, в абстракционистской живописи есть множество работ, содержащих как горячую, так и холодную абстракцию, и существование этой части работ указывает на то, что между ними должна быть определенная связь [6].

В использовании цвета существует контраст между "холодной абстракцией" и "горячей абстракцией", и между ними есть определенная разница в оттенках. В контрасте оттенков основной цветовой структурой являются первичные цвета - красный, желтый и синий, в сочетании с красным, синим, зеленым и т. д. Этот контраст - тот, который отличается наивысшей чистотой, без смешения других цветов, получая стабильную и торжественную цветовую структуру, регулируя состав областей между ними. Этот контраст - тот, который отличается наивысшей чистотой, без смешивания других цветов,

получая стабильную и торжественную цветовую структуру, регулируя состав областей между ними". Холодная абстракция ограничивает использование цвета "чистыми отношениями" и "внутренней необходимостью" [7]. Мондриан ограничил цвета самыми основными, чистыми и примитивными первичными цветами - красным, желтым и синим, чтобы сделать картину простой, яркой и сильной, и использовал контраст оттенков самых крайних цветов в качестве цветовой структуры. Он упростил красочные природные объекты до основных художественных элементов и выступил за новый стилизм, став основной фигурой голландской школы живописи того времени. В картинах Мондриана мы видим, что горизонтальная и вертикальная оси являются двумя основными аспектами, но нет других цветов, кроме красного, желтого, синего и белого. В работах "горячей абстракции" использование цвета свободно, и другие цвета могут быть смешаны в любое время, опираясь на бесконечное искусство цвета, Кандинский дал полную игру силе чистого цвета, подчеркивая психологический эффект чистого цвета. В его работах смело используются основные цвета, дается полная игра громкости цвета, в работах картины используется большинство красных, желтых, синих, зеленых, белых блоков, сопоставление и зацепление за черную линию, воплощение этой концепции получило название "импровизация" и "лирические" работы. В "Горячей абстракции" основные цвета и чистые цвета свободно прыгают и переплетаются, переполненные страстными и необузданными эмоциями, цвета и линии передают направление, скорость и мелодию в пространстве, подобно великолепной и захватывающей симфонии. В цветовом мире "Горячей абстракции" использование цвета совершенно свободно, не подчинено внешним ограничениям, а импровизируется в соответствии с внутренними ощущениями.

2.3. Стилистическое развитие "холодной абстракции" и "горячей абстракции"

На "Холодную абстракцию" повлияли Гегель и Зюн-Меркель, а на основе философии Гегеля была создана неоплатоническая философская система, получившая название "позитивный мистицизм".

На основе философии Гегеля была создана неоплатоническая философская система, получившая название "позитивный мистицизм", в которой эта философская концепция является одним из источников "холодной абстракции".

В этой философии источником "холодной абстракции" является простая техника выражения, представляющая собой ясную картину и строгий дизайн, показывающий красочный мир природы как точную картину [8].

Красочный мир природы показан как точная картина. От кубизма до "холодной абстракции" Кубизм искал новые концепции пространства, а не продолжал изображать плоское пространство. Кубизм вдохновил художника задуматься о структуре вещей, чтобы он мог выразить объекты с нескольких точек зрения, а не полагаться на одну точку зрения. Кубизм выступает за единое геометрическое выражение, выражение этой формы вписывается в концепцию творчества Мондриана, и он стремится к красоте этой геометрической формы. Из его работ видно, что Матисс, Пикассо, Брак и другие оказали на него глубокое влияние. По мнению Мондриана, абстрактные, безличные и эмоциональные произведения — это самое чистое искусство. Вскоре после возвращения Мондриана в Голландию его творческий стиль и мысли значительно изменились. Мондриан считал, что основными элементами живописи являются горизонтальные и вертикальные линии, три основных цвета, а также черный, белый и серый, и что эти простые линии и цвета выражают картину простой красоты, к которой он стремился. В это время Мондриан создавал искусство в соответствии со своими собственными концепциями и пониманием. Он считал, что если художник не представит концепцию и идейную подоплеку создания произведения, то зритель не сможет понять такие абстрактные образы. Работы Мондриана постепенно трансформировались от некоторых узнаваемых паттернов к полностью абстрактным изображениям, тем самым входя в то состояние, которое он считал самым идеальным в художественном творчестве. "Горячая абстракция" возникла под влиянием философии Гуссерля, идеалистического философского взгляда Гуссерля, который: интуитивными, интуитивными методами, в распознавании сущности вещей, из их целого, из явлений (например, цвета). Теория "горячей абстракции" принесла великое откровение, вдохновившись его теорией абстракции, чтобы практиковать эту идею, встав на путь чистой интуиции [9].

От фовизма до "горячей абстракции" Фовизм в начале XX века формировался недолго, но оказал большое влияние на мир искусства того времени. Кандинский начал задумываться о развитии современного художественного движения, и Матисс оказал на него глубокое влияние своими свободными, грубыми и необузданными методами живописи. Когда Матисс творил, он наносил выдавленные пигменты прямо на бумагу

без смешивания цветов, и его работы были яркими и красочными, смелыми и визуально впечатляющими. Его использование цвета является одновременно формальным и структурным и содержит характерные личные эмоции. Матисс часто использовал простые цвета в своих художественных творениях, и изображения получались очень чистыми, как будто не было добавлено никаких других модификаций. Его работы оказали глубокое влияние на Кандинского, который также предпочитал выражать свои эмоции с помощью смелых цветов, позволяя людям почувствовать его внутренний мир. Взгляд фовизма на цвет вдохновил и Кандинского, который, тоскуя по духовному миру, больше не полагался на объективный цвет в своих представлениях, а представлял и обрабатывал его субъективно, прежде чем выразить в художественной форме. Стиль фовистов продолжал оказывать на него определенное влияние в начале его перехода к полноценной абстракции. Впоследствии он решил выразить полную абстракцию, используя более творческие и визуальные цвета и композиции, выражая свои эмоции в работах. Это привело его на путь сосредоточения на абстракции, и названия его работ постепенно изменились на простые термины, такие как "композиция" и "импровизация" [10].

3. Заключение

"Холодная абстракция" и "горячая абстракция" - понятия, определяемые и понимаемые с разных точек зрения, которые могут быть преобразованы друг в друга с разных позиций. Оба они придают большое значение значению элементов живописи, исследуют и интерпретируют значение элементов живописи с разных точек зрения. Подводя итог, можно сказать, что "Холодная абстракция" и "Горячая абстракция" исследуют и преследуют свои собственные направления в своей художественной практике и в выборе абстрактного искусства в силу политических, культурных и других факторов. В искусстве и науке они разделили элементы искусства, а среди художественных произведений, состоящих из этих элементов, самыми основными являются точки, линии, поверхности и цвета. С помощью этих элементов мы исследуем их уникальную выразительную силу, чтобы подтвердить статус абстрактного искусства и изучить глубокий смысл абстрактной живописи.

Список литературы

1. Мой Бо. Абстракционистская теория множеств, основанная на ограниченной версии пятого фундаментального закона / Бо Мой // Natural Dialectics Letters. – 2022. – 44(7). – С. 26-33.
2. Пэнфэй Лю. Формальный язык абстракционизма / Лю Пэнфэй // Art Appreciation. – 2020. – 20. – С. 33-34.
3. Сяньфэн Лэй. Анализ абстрактного искусства Кандинского и Мондриана / Лэй Сяньфэн, Тао Цяоцяо // Think Tank Times. – 2020. – 49.
4. Чжицзинь Цуй. Исследование теории абстрактного искусства Кандинского / Цуй Чжицзинь, Ли Сяовэй // Журнал Юго-Восточного университета (издание по философии и социальным наукам). – 2020. – 22(2). – С. 138-145.
5. Шэ Хуэй. Сравнительное исследование абстрактного искусства Кандинского и Мондриана / Хуэй Шэ // Исследования в области художественного образования. – 2022. – 9. – 72-73
6. Цин Цзя. Сравнительное исследование элементов живописи Кандинского и Мондриана / Цзя Цин // Art Appreciation. – 2021. – 15. – С. 28-29
7. Сяосяо Ван. Свобода чувств и контроль разума: параллелизм и переплетение между Кандинским и Мондрианом / Ван Сяосяо // Красота и возраст (далее). – 2017. – 6. – С. 42-44
8. Цзинцзин Дай. Философские намерения абстракционистского творчества* - исследование на примере Кандинского / Дай Цзинцзин // Художественная сотня. – 2020. – 36(4). – С. 181-185
9. Чуньмин Чжао. Анализ примитивистской художественной воли - Валлингер и экспрессионизм и абстракция / Чжао Чуньмин // Красота и возраст. – 2003. – 3.
10. Чэньлу Цзинь. Абстракционистская эстетика Кандинского / Цзинь Чэньлу // Западная кожа. – 2020. – 42(21). – С. 99-100.

УДК 621-039-542
<https://www.doi.org/>

EDN [LRSKLF](#)

Опоры при обучении монологической речи на английском языке в школе

Алла Андреевна Яковлева*, Елена Николаевна Григорьева

Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева,
г. Чебоксары, Российская Федерация

*E-mail: alla_yakovleva0708@mail.ru

Аннотация. Статья рассматривает теоретические аспекты применения опор в обучении монологической речи на уроках иностранного языка. Авторы исследуют различные виды и характеристики опор, которые играют важную роль в управлении процессом обучения монологическому высказыванию. В работе представлены варианты опор, подходящие для обучения монологической речи в средней школе.

Ключевые слова: монологическая речь, опора, урок иностранного языка, коммуникативная задача.

Supports in teaching monologue speech in English classes

Alla Andreevna Yakovleva*, Elena Nikolaevna Grigorieva

Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary, Russian Federation

*E-mail: alla_yakovleva0708@mail.ru

Abstract. The article examines the theoretical aspects of the use of supports in teaching monologue speech in foreign language lessons. The authors explore various types and characteristics of supports that play an important role in managing the learning process of monologue utterance. The paper presents options for supports suitable for teaching monologue speech in high school.

Keywords: monologue, support, foreign language lesson, communicative task.

1. Введение

С развитием современных технологий, знание английского языка стало необходимым для осуществления успешной коммуникации в различных сферах деятельности, в частности в сфере образования. Для осуществления коммуникации необходимо также овладение навыком монологической речи. В свою очередь, монолог является одним из самых трудных видов речевой деятельности, который сопровождается большим количеством трудностей. С учетом многообразия учебных методик, важно исследовать способы, которые помогут повысить эффективность обучения монологической речи. Благодаря опорам, можно значительно ускорить процесс обучения и повысить мотивацию учащихся. Так, изучение опор в процессе обучения монологической речи на английском языке является актуальной и важной задачей, которая способствует совершенствованию образовательных результатов учащихся и развитию их коммуникативных способностей.

2. Постановка задачи

Целью работы является изучение опор при обучении монологической речи учащихся на среднем этапе в школе.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

1. изучить цели, задачи и содержание обучения говорению, в частности монологической речи;
2. определить виды опор при обучении монологической речи;
3. выделить классификацию опор, применяемых при обучении монологическому высказыванию.

Объектом исследования являются процесс обучения на уроках английского языка на среднем этапе.

Предметом исследования является процесс обучение монологическому высказыванию учащихся на уроках английского языка.

3. Методы и материалы исследования

В исследовании "Опоры при обучении монологической речи на английском языке в школе" применялся комплексный подход, включающий в себя несколько взаимодополняющих методов. Выбор методологии обусловлен необходимостью всестороннего анализа проблемы и разработки практических рекомендаций для повышения эффективности обучения монологической речи.

На первом этапе исследования был проведен анализ существующей литературы по методике преподавания английского языка, включая учебники, пособия и научные статьи, посвященные развитию монологической речи. Этот анализ позволил выявить распространенные подходы к использованию опорных материалов, их сильные и слабые стороны, а также существующие пробелы в методической литературе.

Следующим этапом стало разработка классификации опорных материалов для обучения монологической речи. Классификация была построена на основе анализа выявленных в литературе типов опор, с учетом их дидактических функций и влияния на различные аспекты речевой деятельности.

На заключительном этапе исследования были использованы методы обобщения и систематизации полученных данных. Результаты качественного и количественного анализа были обобщены, а полученные выводы сформулированы в виде практических рекомендаций для учителей английского языка. Эти рекомендации включают в себя конкретные примеры использования различных типов опорных материалов, а также стратегии их внедрения в учебный процесс, учитывающие возрастные особенности учащихся и уровень их языковой подготовки.

4. Полученные результаты

По ФГОС основной целью изучения иностранного языка является формирование коммуникативной компетентности в общении и сотрудничестве [1], т.е. ученик должен быть способен осуществлять межличностное и межкультурное общение на английском с носителями языка.

Ключевыми вопросами, которые касаются изучения монологической речи на уроках иностранного языка, занимались такие авторы: Гальскова Н.Д., Соловова Е.Н., Гез Н.И., Пассов Е.И., Зимняя И.А. и другие.

Важно отметить значительную особенность речевого процесса на родном языке: внимание говорящего сосредоточено преимущественно на содержании высказывания – на идеях, которые нужно передать, и на логике их изложения. Сам процесс подбора слов и построения фраз происходит по сути на уровне фонового автоматизма. Однако ситуация кардинально меняется, когда мы пытаемся выразить те же самые мысли на иностранном языке. Внимание уже не может быть сфокусировано только на содержании. Значительная его часть расходуется на этапе процесс отбора языковых средств. Это переключение внимания и есть основная причина трудностей в овладении

иностранном языке. Мозгу приходится одновременно решать две задачи – формировать мысль и реализовывать ее на новом, ещё недостаточно освоенном языке. В результате, речевой поток замедляется, возникают паузы, ошибки и неуверенность. Поэтому эффективный подход к обучению иностранным языкам должен учитывать эти особенности. Учащимся необходимо показывать то общее, что характерно для речи на любом языке, будь то родной или иностранный.

Однако, зачастую корень этих трудностей кроется не в недостатке усилий, а в недостаточном понимании того, как работает наш мозг при речевом общении, и какие принципиальные различия существуют между использованием родного и иностранного языков.

Монологическая речь является самым сложным видом говорения. Навык монологического высказывания необходимо формировать целенаправленно. Соловова выделяет следующие характерные черты монолога: целенаправленность, непрерывный характер, логичность, смысловая законченность, а также самостоятельность и выразительность [2]. Ученик сталкивается с такими трудностями, как сложность определения темы высказывания, а также необходимость определения формы и содержания. Данные факторы обуславливаются необходимостью опор.

Опора — это «образец конструкции программы, в которой должна быть предусмотрена возможность изменения способов реализации речевого действия по созданию высказывания на основе осознания способов осуществления деятельности, направленной на создание речи» [3]. Помощь опор заключается в сопоставлении жизненного и речевого опыта учащихся, что способствует формированию иноязычного высказывания.

Опоры в обучении и восприятии информации играют важную роль, помогая структурировать и систематизировать знания. Существует несколько видов опор, каждая из которых имеет свои уникальные особенности и применение.

Первый вид — это картинка, представляющая собой изображение с глубоким или парадоксальным содержанием. Такие изображения могут вызывать у ученика эмоциональный отклик и способствовать более глубокому осмыслению темы.

Второй вид опоры — план, который может быть использован для отображения структуры зданий, квартир или даже более абстрактных концепций. Планы помогают визуализировать пространство и упрощают понимание организации объектов или идей.

Третий вид — это карта, например, карта города или местности. Она не только помогает ориентироваться в пространстве, но и может служить основой для изучения географии, истории или культурных особенностей региона страны изучаемого языка.

Четвертый вид опоры — диаграмма, которая, например, может представлять семейное «дерево». Это наглядное средство позволяет увидеть связи между членами семьи и понять, как они связаны друг с другом, что может быть полезно в генеалогических исследованиях.

Пятый вид — таблица, содержащая цифровые или фактические данные. Таблицы удобны для сравнения и анализа информации, так как они упорядочивают данные, облегчая их восприятие.

Шестой вид — ассоциативная карта, которая представляет собой графическую схему, отображающую лексические ассоциации по той или иной теме. Этот метод позволяет визуализировать мысли и идеи, что способствует более креативному подходу к решению задач.

Седьмой вид опоры — карточки, которые показывают последовательность событий или процессов. Такие карточки помогают понять, как различные этапы связаны друг с другом и как они влияют на общий результат.

Каждый из этих видов опор может быть использован в различных образовательных контекстах, помогая учащимся лучше усваивать информацию и развивать критическое мышление. Использование визуальных и структурированных средств обучения делает процесс более интерактивным и увлекательным, что, в свою очередь, способствует более глубокому пониманию материала.

Для того чтобы построить монологическое высказывание, необходимо определить характер опор и цель высказывания. Помимо вышеперечисленных видов опор также можно отнести клише-фразы.

Итак, рассмотрим в качестве монологической речи пересказ текста. С помощью пересказа текста можно проводить проверки и оценивать уровень развития речи, так как именно анализ текста является наиболее эффективным способом для выявления понимания учениками смысла и содержания текста. В процессе выполнения данного задания могут возникнуть некоторые проблемы, например, у детей возникает затруднение при построении логического рассказа. В данном случае помогут опоры, а именно клише-фразы. Клише-фраза – стандартные образцы словоупотребления, типовые

схемы словосочетаний и синтаксических конструкций, а также общие модели речевого поведения в определенных обстоятельствах [3]. Для пересказа текста можно использовать следующие фразы:

- This story is about...
- I am going (I want, I would) to retell a (funny, humorous) story
- The story shows (indicates)...
- The title of it is...
- At the beginning of the story the author...
- The story under consideration is from the book by...
- The story is set (develops) in the forest (in the street, at home) ...
- It takes place in winter (in the evening, at night, during some days) ...
- We first meet the main character when...
- The main idea expressed is...[4]

Также в качестве ещё одного варианта опоры для пересказа текста могут служить наводящие вопросы. Такой вид опоры наделен помочь ученику вспомнить структуру текста, отдельные элементы, общую идею и сюжет. Ответы на вопросы способствуют систематизации понимания текста и составлению структурного и грамотного пересказа. Можно использовать следующие вопросы:

- What is the main topic of the text?
- Who are the main characters?
- Where does the story take place?
- When do the events occur?
- How does the story end?[4]

5. Выводы

Опоры являются неким источником в понимании учеником текстов, проблемы ситуаций, в зависимости от их уровня владения языком и общего уровня знаний. Повышение уровня самостоятельности учеников в изучении иностранных языков происходит по мере постепенного отказа от использования опор. Необходимо заинтересовать и вызвать у учеников желание к изучению иностранных языков. В этом помогут опорные элементы, которые в свою очередь должны быть внятными и легко восприниматься.

Таким образом, что опоры представляют собой неким «рычагом», способным стать значительным стимулом для размышлений, способствуя формированию у учащихся разнообразных ассоциаций, которые помогают структурировать и выразить свои мысли последовательно и правильно, а также способствуют развитию речевых навыков.

Список литературы

1. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования. – М.: Просвещение, 2022.
2. Соловова Е.Н. Методика обучения иностранным языкам базовый курс: пособие для студентов педагогических вузов и учителей / Е.Н. Соловова. – Москва: АСТ, Астрель, 2008. – 238 с.
3. Азимов Э.Г. Новый словарь методических терминов и понятий (теория и практика обучения языкам) / Э.Г. Азимов, А.Н. Щукин. – М.: Издательство ИКАР, 2009. – 448 с.
4. Судьина А.А. Формирование иноязычной коммуникативной компетенции младших школьников посредством обучения пересказу / А.А. Судьина, И.А. Кунцова // Реализация ФГОС как условие повышения качества образования: материалы Всерос. Научно-практ. Конф., посвящ. 65-летию ОГАОУ ДПО «БелИРО» (Белгород, 16-19 мая 2019г.); отв. ред. Т.В. Балабанова. – Белгород: БелИРО, 2019. – 779 с.

УДК 676
<https://www.doi.org/>

EDN [EZYOHQ](#)

Определение возможных направлений использования вторичного сырья целлюлозно-бумажной промышленности

Н.В. Кваша^{1,2}, Е.Д. Малевская-Малевич¹, О.И. Болотникова^{1,3}

¹Северо-Западный институт управления РАНХиГС, Санкт-Петербург, Россия

²Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций имени профессора М. А. Бонч-Бруевича, Санкт-Петербург, Россия

³Петрозаводский государственный университет, Медицинский институт кафедра биомедицинской химии, иммунологии и лабораторной диагностики, Петрозаводск, Россия

Аннотация. В статье проведен анализ возможных рынков сбыта продукции рециклинга отходов целлюлозно-бумажной промышленности. Определена потенциальная потребность в инвестициях для организации переработки вторичного сырья ЦБП, исследованы возможные направления его использования. Выявлены основные проблемы финансирования перехода экономики к устойчивому развитию для отрасли ЦБП.

Ключевые слова: циркулярная экономика, целлюлозно-бумажная промышленность, потенциальные рынки сбыта, биопластики, биоэтанол.

Determination of possible directions of use of secondary raw materials of the pulp and paper industry

N.V. Kvasha^{1,2}, E.D. Malevskaya-Malevich¹, O.I. Bolotnikova^{1,3}

¹North-West Institute of Management RANEPa, Saint Petersburg, Russia

²Saint Petersburg State University of Telecommunications named after prof. M.A. Bonch-Bruevich, Saint Petersburg, Russia

³Petrozavodsk State University, Medical Institute, Department of Biomedical Chemistry, Immunology and Laboratory Diagnostics, Petrozavodsk, Russia

*E-mail: malevskaya-ed@ranepa.ru

Abstract The article analyzes possible markets for the sale of pulp and paper industry waste recycling products. The potential need for investments for organizing the processing of secondary raw materials of the pulp and paper industry is determined, and possible areas of its use are studied. The main problems of financing the transition of the economy to sustainable development for the pulp and paper industry are identified.

Keywords: circular Economy, pulp and paper industry, potential markets, bioplastics, bioethanol.

1. Введение

Как было отмечено в трудах авторского коллектива ранее [1] отрасль ЦБП характеризуется высокой ресурсоёмкостью и крайне негативным воздействием на окружающую среду за счет большего количества отходов производства. Тем самым отрасль является крайне неэффективной с точки зрения концепции устойчивого развития. Однако, методы и подходы циркулярной экономики позволят во многом решить эти проблемы и повысить устойчивость отрасли.

Основные рециклируемые отходы ЦБП связаны с такими направлениями вторичного сырья как биопластики и биоэтанол. Оба этих продукта, как показывает анализ потенциальных рынков сбыта, весьма востребованы. По прогнозам экспертов, [2] ожидается, что рынок биопластиков к 25 году достигнет \$2027 млрд, а среднегодовой темп роста составит 14.9%-17%. В России потенциальный рынок биопластиков также оценивается как весьма перспективный.

Так, например, венчурный фонд «Восход» инвестировал 400 млн руб. в разработчика технологий на основе природных полимеров ГК «Биомикрогели» (г. Екатеринбург). Бренд производит экологичную бытовую химию и косметику WONDER LAB, а также продукты для промышленного применения. [3] Существенным преимуществом компании является собственная технология создания биополимеров с использованием доступного сырья из продуктов сельскохозяйственной переработки и деревообработки. Предприятие также выпускает промышленные реагенты для очистки воды и твердых поверхностей от нефтепродуктов. Эти технологии использовались при устранении последствий разлива топлива в Норильске в 2020 году. Компания также присутствует на международном рынке, продукция, в основном b2b, поставляется в СНГ и в ЮВА- Малайзию, Индонезию и Таиланд. Компания ведет полный цикл от разработки до производства и продаж готовой продукции, имеет собственный R&D-центр и 2 производственные площадки. Венчурные инвестиции компания привлекает для увеличения производственных мощностей, расширения дистрибуции на целевых рынках в России, странах СНГ и Юго-Восточной Азии, а также на развитие продуктовой матрицы за счет новых исследований и разработок (подход - непрерывный R&D). Рост продаж компании подтверждает высокий спрос на эко-продукцию на рынке.



Рисунок 1. Перспективы рынка биопластиков [4].

Общемировые прогнозы по росту рынка биополимеров предполагают увеличение его объема на 25% в ближайшие 5 лет. Сфера их применения постоянно расширяется.

Целью настоящего исследования является определение возможных направлений использования вторичных ресурсов целлюлозно-бумажной промышленности.

Задачи исследования:

- Определить потенциальную потребность в инвестициях для организации переработки вторичных ресурсов ЦБП;
- Исследовать возможные направления использования вторичного сырья из отходов ЦБП;
- Определить емкость рынков сбыта продукции рециклинга отходов ЦБП.

2. Методы исследования

Методология исследования основана на применении методов анализа, синтеза и обобщения.

3. Результаты исследования

Несмотря на всю оптимистичность прогнозов, в текущих условиях биополимеры, как правило, неконкурентоспособны, в том числе в области привлечения финансирования. Любые инновации требуют существенных инвестиций. Стандартные методы финансирования при этом не отвечают потребностям современной быстроменяющейся среды, требуется их «переход» в направлении формирования устойчивых финансов.

Основной потенциал, с нашей точки зрения, заключен в квазифинансовых инструментах, которые могут обеспечить монетизацию экстернальных эффектов устойчивых моделей. Квазифинансы относительно новое понятие, тем не менее уже

получает широкое распространение, а вместе с ним и развитие учетной и торговой инфраструктуры. Рынок квазифинансовых инструментов, в сущности, функционирует на принципах близких к IPD-подходу, описанных в [5], включая эффекты климатического, экологического и социального благополучия. Квазифинансовые инструменты позволяют создать «рециклинг» этих эффектов внутри циркулярной экономической системы (ЦЭС), где потенциальные эффекты одного из участников ЦЭС могут быть монетизированы у другого.

С точки зрения финансирования перехода экономики к устойчивому развитию также крайне значимы принципы финансирования, то есть ориентация инвесторов не на финансовый результат в первую очередь, а на достижение общественно и экологически значимых показателей. В этом случае важным элементом финансирования капитальных вложений могут стать, так называемые, партнерские финансы, которые способствуют интеграции общественных и экологических целей в финансовые модели. Как было показано, экономические системы циркулярной устойчивой экономики формируются на основе коллабораций множества неаффилированных субъектов, имплицитно предполагающих обеспечения интегральной эффективности, подобно IPD-подходу [5]. По нашему мнению, указанные выше формы взаимоотношений в модели партнёрских финансов полностью соответствуют open-book принципу, являющимся необходимым условием формирования эффективных циркулярных экосистем. Реализация этого принципа в совокупности с адекватным цифровым инфокоммуникационным пространством обеспечивает формирование так называемой умной циркулярной экономики.

4. Заключение

В статье определен высокий потенциальный рост рынка биопластиков как в России, так и в мире. Биопластик является одним из продуктов рециклинга отходов ЦБП. Не смотря на оптимистичные прогнозы, производство биопластиков из вторичных ресурсов ЦБП на сегодняшний день нерентабельно. Определено, что такой специфический вид финансовых инструментов, как квазифинансы способен решить многие проблемы финансирования отрасли.

Благодарности

Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда № 23-28-00619 на тему: Методология обеспечения эффективности циркулярных экономических систем региона (на примере Северо-Запада России), <https://rscf.ru/project/23-28-00619/>

Список литературы

1. Малевская-Малевич Е. Д. Анализ структуры целлюлозно-бумажного комплекса северо-западного региона / Е.Д. Малевская-Малевич, В.С. Кудряшов // Прикладные экономические исследования. – 2023. – №. 3. – С. 40-45.
2. Топ-5 компаний по производству биопластиков (ноябрь 2024 г.). – 2023. <https://www.securities.io/ru/> (дата обращения 26.10.2024).
3. Грантополучатель Фонда содействия инновациям привлёк 400 млн рублей от фонда «Восход» 2024 (<https://voskhod.vc/> (дата обращения 12.10.2024))
4. Сельхозотходы на службе ESG 2022 (<https://biomicrogel.com/ru/blog/agricultural-waste-at-the-service-of-esg/>) (дата обращения 20.09.2024)
5. Кваша Н.В. Трансформация механизмов обеспечения эффективности в условиях циркулярной экономики / Н. В. Кваша, Е. Д. Малевская-Малевич, В. С. Кудряшов // Экономическое возрождение России. – 2024. – № 1(79). – С. 64-74. <https://www.doi.org/10.37930/1990-9780-2024-1-79-64-74>. – EDN KPXRSP

УДК 330.15

<https://www.doi.org/10.47813/nto.5.2024.5004>

EDN [PMTODQ](#)

Теоретические и практические аспекты развития возобновляемой энергетики Китая

Гао Хуэй*

Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы,
ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, 117198, Россия

*E-mail: gaohui495@gmail.com

Аннотация. В данной статье представлены новые виды энергии, включая солнечную энергию, энергию ветра, энергию биомассы, геотермальную энергию, энергию океана, энергию приливов и отливов, ядерную энергию, сланцевый газ, водородную энергию и так далее. Китай относительно богат новыми энергетическими ресурсами, и в этом реалистичном контексте активное развитие новой энергетики имеет большое стратегическое значение для национальной энергетической безопасности и улучшения состояния окружающей среды. Оцениваемая новая энергия может заменить традиционную ископаемую энергию, восполнить нехватку ресурсов нефти и природного газа, увеличить предложение энергии, удовлетворить спрос на энергию и обеспечить энергетическую безопасность. Во-вторых, широкое применение новой энергии способствует изменению нынешней энергетической структуры Китая, в которой преобладают уголь, нефть и природный газ, и сокращению выбросов парниковых газов и загрязнения воздуха, вызванных использованием ископаемых видов энергии. Учитывая, что новая энергетика является развивающейся отраслью, отражающей национальную стратегию, она имеет большое значение для долгосрочного устойчивого развития экономики Китая, а также доминирующего положения в международной промышленной конкуренции; новая энергетика Китая является развивающейся отраслью, которая все еще находится в стадии зарождения; в то же время новая энергетика является важной областью международной промышленной конкуренции и областью быстрого развития промышленных технологий. Эти особенности развития новой энергетики определяют необходимость выбора стратегического пути, отличного от других отраслей.

Ключевые слова: новая энергетика, энергетическая безопасность, загрязнение воздуха, новые отрасли промышленности, быстрое развитие

Theoretical and practical aspects of China's renewable energy development

Gao Hui*

Peoples' Friendship University of Russia, str. Miklukho-Maklaya, 6, Moscow,
117198, Russia

*E-mail: g_aohui495@gmail.com

Abstract. This article introduces new kinds of energy, including solar energy, wind energy, biomass energy, geothermal energy, ocean energy, tidal energy, nuclear energy, shale gas, hydrogen energy and so on. China is relatively rich in new energy resources, and in this realistic context, the active development of new energy is of great strategic significance for national energy security and environmental improvement. The evaluated new energy can replace traditional fossil energy, fill the shortage of oil and natural gas resources, increase energy supply, meet energy demand and ensure energy security. Second, the widespread application of new energy helps to change China's current coal, oil and natural gas-dominated energy mix and reduce greenhouse gas emissions and air pollution caused by fossil energy use. Given that new energy is an emerging industry reflecting the national strategy, it is of great significance to the long-term sustainable development of China's economy as well as the dominant position in international industrial competition; China's new energy is an emerging industry that is still in its nascent stage; at the same time, new energy is an important area of international industrial competition and an area of rapid development of industrial technology. These characteristics of new energy development determine the need to choose a strategic path different from other industries.

Keywords: new energy, energy security, air pollution, new industries, rapid development.

1. Введение

Возобновляемая энергия — это широкое понятие, в отличие от традиционной энергии. Согласно резолюции 148 33-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН от 20 декабря 1978 года, возобновляемая энергия и возобновляемые источники энергии включают 14 видов источников энергии: солнечная энергия, геотермальная энергия, энергия ветра, энергия приливов и отливов, энергия разницы температур морской воды, энергия волн, дрова, древесный уголь, торф, преобразование биомассы, хранение энергии, горючие сланцы, смоляные пески и гидроэлектрическая энергия. [1]

Конференция ООН по возобновляемым и эксплуатируемым источникам энергии, проходившая в Найроби с 10 по 21 августа 1981 года, приняла Найробийскую программу действий по развитию и использованию возобновляемых и эксплуатируемых источников энергии, которая способствует развитию и использованию возобновляемых и эксплуатируемых источников энергии. [2]

В 2023 году, в период эпидемии коронавируса, после того как влияние глобальной экономической ситуации на общую стабильность стало мягким, энергетический рынок продемонстрировал шоковые характеристики. Ежегодник мировой энергетики за 2023 год показывает, что в 2022 году мировое потребление энергии достигло 1,631 млрд тонн нефтяного эквивалента (Мтэ), увеличившись на 2%. Из них на нефть пришлось 31,8 %, на природный газ - 24 %, на уголь - 26,8 %, а всего три ископаемых источника энергии составили 82,6 %, что свидетельствует о том, что традиционные источники энергии по-прежнему доминируют в структуре мировой энергетики.

2. Цель исследования

2.1. Политика Китая в области развития возобновляемых источников энергии

В период плановой экономики (1949-1978 гг.) в Китае была внедрена плановая экономическая система, в рамках которой государство осуществляло всеобъемлющий контроль и регулирование производства и использования энергии. Такой образ мышления выражался в централизованном управлении и плановом распределении энергопотребления для обеспечения стабильности и развития экономики страны. В начальный период реформ и открытости (1978-1997 гг.) Китай постепенно внедрял систему рыночной экономики для содействия экономическому развитию. Этот образ мышления нашел отражение в постепенной либерализации и диверсификации

энергетического рынка, что способствовало развитию конкуренции и инноваций в энергетической отрасли.

В августе 2000 года Департамент сохранения и комплексного использования ресурсов Государственной комиссии по экономике и торговле (SETC) выпустил План развития отрасли возобновляемой энергетики и возобновляемых источников энергии на 2000-2015 годы, в котором систематически анализируется развитие энергетической отрасли на основе возобновляемой энергии и возобновляемых источников энергии, развитие рынка, ожидаемые преимущества, а также ограничения и проблемы, и планируется развитие возобновляемой энергии и возобновляемых источников энергии на следующих этапах. В нем также планируется развитие возобновляемой энергетики и возобновляемых источников энергии на следующих этапах.

На первом этапе, введение Закона о возобновляемой энергетике в 2005 году как начало официального старта развития отечественной возобновляемой энергетики. На этом этапе интенсивно внедряется политика развития отрасли возобновляемых источников энергии с упором на стимулирование ветроэнергетики и солнечной энергетики. За эти пять лет среднегодовые темпы роста установленных в Китае ветроэнергетических установок превысили 100%, среднегодовые темпы роста масштабов фотоэлектрической промышленности составили 94%.

На втором этапе, с 2009 по 2011 год, потенциал отрасли возобновляемых источников энергии в Китае быстро расширяется. Однако, благодаря политической поддержке, институциональным механизмам и другим причинам, Китай стал крупнейшим поставщиком ветроэнергетического и фотоэлектрического сырья и компонентов, внутренний рынок возобновляемой энергетики топчется на месте. В этот период Китай обогнал США и стал ведущей страной в мире по производству ветряной энергии, но в то же время фотоэлектрическая промышленность стала одной из отраслей с избыточными мощностями, на исправление которых направлены усилия правительства.

Третий этап - с 2016 по 2020 год. На этом этапе Китай официально выдвинул цель "двойного углерода", то есть Китай стремится к пику выбросов углерода до 2030 года, а до 2060 года - к достижению углеродной нейтральности. В то же время предлагается углубить реформу электроэнергетической системы, построить электроэнергетическую систему нового типа с возобновляемой энергией в качестве основного элемента, а

ветроэнергетика, фотовольтаика и другие возобновляемые источники энергии займут доминирующее положение в структуре энергоснабжения.

Четвертый этап - с 2020 года по настоящее время. Китай продолжает продвигать реформу энергетики, отрасль возобновляемых источников энергии по-прежнему перспективна. Накопители энергии, водородная энергетика и другие направления также конкурируют в розовом цвете, возобновляемая энергетика действительно занимает важное место. [3]

2.2. Состояние и проблемы развития возобновляемой энергетики в Китае

Для большинства стран "энергетическая независимость" — это пустые разговоры. Никакое количество биотоплива, автомобилей на природном газе или любых других альтернатив не избавит нас от факта "зависимости от импорта энергии". Но в обозримом будущем управление зависимостью — это настоящий ключ. У нас есть множество вариантов, и страны могут попытаться повлиять с помощью дипломатии на сокращение внутреннего спроса, улучшение альтернативных источников энергии или поиск правильного сочетания источников энергии.

Если проанализировать ситуацию с точки зрения ресурсов и экономики, то для Китая сейчас наступило время, когда он должен продвигаться вперед в развитии возобновляемых источников энергии. Тем не менее, китайские технологии развития и использования возобновляемых источников энергии все еще не дотягивают до уровня развитых стран: в 2012 году на гидроэнергетику, ветроэнергетику, ядерную энергетику и солнечную энергетику приходилось лишь 8,3 процента потребления первичной энергии. [4]

Текущая доля гидроэнергетики в общем объеме нового энергопотребления в 2009 году, без учета атомной энергетики, варьировалась от 17 процентов в Дании до 34 процентов в Швеции. [5]

Что касается общего планирования и размещения гидроэнергетики, то установленная мощность традиционных гидроэлектростанций в западном регионе достигла 95 миллионов киловатт, что составляет 55 процентов от общего объема страны, а степень развития - 21,5 процента, из которых установленные мощности Сычуани и Юньнани, богатых гидроэнергетическими ресурсами, достигли 27 миллионов киловатт и 7 миллионов киловатт соответственно, а степень развития - 22,5 процента и 17

процентов соответственно. Установленная мощность традиционной гидроэнергетики в центральном регионе достигла 50 миллионов киловатт, что составляет 30 процентов от общего объема страны, а степень развития достигла 68 процентов; установленная мощность в восточном регионе достигла 25 миллионов киловатт, что составляет 15 процентов от общего объема страны. В период "12-й пятилетки" ежегодный объем строительства новых гидроэлектростанций в Китае составит 20 миллионов киловатт, через пять лет - 100 миллионов киловатт, в 2020 году гидроэнергетика достигнет 350 миллионов киловатт установленной мощности, структура энергоснабжения будет в значительной степени улучшена. Коэффициент использования гидроэнергетики вырос с менее чем 10 процентов до реформы и открытия до 25 процентов. Быстрое развитие гидроэнергетики внесло важный вклад в национальную экономику и социальное развитие, а также привело к процветанию китайской промышленности по производству электроэнергетического оборудования.

Текущая ситуация с ресурсами солнечной энергии. Китай обладает богатыми ресурсами солнечной энергии, и перспективы использования солнечной энергии широки. В настоящее время масштабы китайской солнечной энергетики занимают первое место в мире, это крупнейшее в мире производство и использование солнечных водонагревателей и солнечных фотоэлектрических элементов из важных стран-производителей. Китай имеет более зрелые солнечные продукты: солнечные фотоэлектрические системы производства электроэнергии и солнечные системы нагрева воды.

Сначала посмотрите на установленную мощность, национальная установленная мощность ветряных и солнечных электростанций, подключенных к сети, с конца 2022 года составляла 760 миллионов киловатт, последовательно превысила 800 миллионов киловатт, 900 миллионов киловатт, 1 миллиард киловатт в конце 2023 года и достигла 1,05 миллиарда киловатт, составляя долю в общей установленной мощности 36%, что на 6,4 процентных пункта больше. Среди них установленная мощность солнечных электростанций, подключенных к сетям, увеличилась с 390 миллионов киловатт в конце 2022 года до 610 миллионов киловатт в конце 2023 года. [6]

Ядерная энергетика в континентальном Китае зародилась поздно: строительство атомных электростанций началось только в 1980-х годах. Циньшаньская АЭС - первая атомная электростанция с водо-водяным реактором под давлением мощностью 300 000

кВт, спроектированная и построенная самим Китаем. Строительство КАЭС началось 20 марта 1985 года и завершилось в декабре 1991 года.

Строительство Циньшаньской атомной электростанции началось 20 марта 1985 года, а 15 декабря 1991 года она была подключена к электросети, положив конец истории отсутствия атомной энергетики в континентальном Китае и достигнув нулевого прорыва. Китай стал седьмой страной в мире, которая спроектировала и построила собственную атомную электростанцию после США, Великобритании, Франции, бывшего Советского Союза, Канады и Швеции. Согласно данным, опубликованным Китайской ассоциацией сотрудничества в области ядерной энергетики, по состоянию на 31 декабря 2023 года в Китае в стадии строительства и планирования находятся 55 атомных энергоблоков (без учета Тайваня). [7]

Текущая ситуация с ветроэнергетическими ресурсами - Китайские ветроэнергетические ресурсы начались раньше, в конце 1950-х годов это различные деревянные конструкции навеса ветряных мельниц использования, в 1959 году только в провинции Цзянсу, есть более 200,000 комплектов деревянных ветряных мельниц. К середине 1960-х годов в основном развивается ветровое обслуживание водоподъемных машин. В середине-конце 1970-х годов развитие и использование энергии ветра включено в "Шестой пятилетний план" национальных ключевых проектов, было быстрое развитие. В середине-конце 80-х годов Китай ввел ряд крупных и средних ветряных турбин из-за рубежа. Восемь демонстрационных ветропарков были созданы в ветреных уголках Синьцзяна и Внутренней Монголии, а также на островах Шаньдун, Чжэцзян, Фуцзянь и Гуандун. Вступая в XXI век, Китай лидирует в мировом развитии ветроэнергетики. С 2006 года средняя выровненная стоимость электроэнергии для наземных ветряных проектов в Китае снизилась с 0,61 юаня до 0,185 юаня в 2021 году, то есть на 70 % за 15 лет.

Ожидается, что к 2025 году совокупная установленная мощность фотоэлектрических (ФЭ), ветровых, гидроэлектрических, атомных и других экологически чистых источников энергии составит 57,5 %, превысив совокупную долю угольной и газовой энергетики в 42,5 %; а доля производства электроэнергии из экологически чистых источников энергии достигнет 44,7 %, что сделает ее доминирующим источником энергии. Среди них доля установленных ветряных электростанций увеличилась с 12,8 процента в 2020 году до 18,2 процента в 2025 году, а

доля выработки энергии ветра - с 6,1 процента в 2020 году до 11 процентов в 2025 году. Ожидается, что к 2030, 2050 и 2060 годам доля установленной мощности экологически чистых источников энергии достигнет 67,5 процента, 92 процента и 96 процентов соответственно, из которых установленная мощность ветроэнергетики станет основным источником дополнительной установленной мощности электроснабжения. В 2050 и 2060 годах доля установленной мощности ветроэнергетики составит более 75 процентов и 80 процентов, а мощности электрогенерации - более 60 процентов и 70 процентов. [8]

3. Проблемы возобновляемой энергетики в Китае

Стоимость и технологические проблемы. Хотя Китай добился определенного прогресса в области новой энергетики, стоимость разработки и использования большинства новых видов энергии все еще остается относительно высокой, а такие характеристики, как разбросанность ресурсов, малые масштабы и прерывистость производства, делают его конкурентоспособность на рынке относительно слабой. В то же время технический уровень новой энергетики относительно низок, отсутствуют возможности самостоятельных технологических исследований и разработок и мощности по производству оборудования, производство технологий и оборудования в основном зависит от импорта, и существует большой разрыв с передовым уровнем зарубежных стран.

Проблемы рыночного спроса. В течение длительного времени в Китае в области развития новой энергетики отсутствуют четкие цели развития и стратегическое планирование, рыночный спрос относительно слаб. Хотя государственная поддержка развития новой энергетики постепенно увеличивается, но из-за отсутствия стабильного рыночного спроса развитие новой энергетики не имеет устойчивой рыночной тяги.

Инфраструктурные проблемы. Развитие новой энергетики требует наличия вспомогательной инфраструктуры, такой как электросети, хранилища энергии. Однако текущее строительство инфраструктуры в Китае не может полностью удовлетворить потребности развития новой энергетики, существует определенное отставание.

4. Выводы

Современное состояние возобновляемой энергетики демонстрирует положительные тенденции, но в то же время существует ряд нерешенных вопросов.

Если говорить о текущем положении дел, то глобальные установленные генерирующие мощности возобновляемой энергетики быстро растут. Например, в недавно опубликованном отчете о состоянии глобальной возобновляемой энергетики до 2024 года отмечается новый рекорд - 473 ГВт установленных мощностей возобновляемых источников энергии. Азиатский регион занимает лидирующие позиции, особенно Китай, где наблюдается значительный рост мощностей возобновляемой энергетики, в основном за счет солнечной и ветровой энергии. Однако, несмотря на этот рост, нынешних установленных мощностей все еще недостаточно, чтобы обеспечить ежегодный прирост в 1 000 ГВт, необходимый для выполнения глобальных обязательств в области климата и устойчивого развития.

Такое положение дел подчеркивает ряд ключевых проблем для развития возобновляемой энергетики. Во-первых, отсутствие действий, финансирования и инфраструктуры являются ключевыми факторами, сдерживающими развитие возобновляемой энергетики. Хотя многие страны признали важность возобновляемых источников энергии, нехватка финансирования и неадекватная инфраструктура ограничивают их широкомасштабное внедрение. Кроме того, незрелость технологий хранения энергии ограничивает использование возобновляемых источников энергии, поскольку такие виды энергии, как солнечная и ветровая, подвержены влиянию таких факторов, как погода, и имеют ограниченные возможности для хранения энергии.

Социальное одобрение и воздействие на окружающую среду также являются важными вопросами при развитии возобновляемой энергетики. Некоторые проекты в области возобновляемой энергетики могут оказывать определенное влияние на окружающую среду, например, ветроэнергетика может представлять угрозу для миграции птиц, что в определенной степени влияет на социальную приемлемость возобновляемой энергетики. Чтобы добиться устойчивого развития возобновляемой энергетики, необходимо усилить политическую поддержку, усовершенствовать технологии, укрепить международное сотрудничество и должным образом устранить экологические и социальные последствия.

Список литературы

1. Ван Цзиньнань. Энергия и окружающая среда: Китай 2020 // Ван Цзиньнань, Цао Дун // China Environmental Science Press. – 2004

2. У Лэй. Нефтяная безопасность Китая / У Лэй // Пекин: China Social Science Publishing. – 2003. – № 72.
3. Чжан Хайлун. Исследование развития возобновляемых источников энергии в Китае / Чжан Хайлун // Цзилиньский университет. – 2014
4. Сяонин Е. Перспективы и ключевые вопросы развития распределенной энергетики Ли Цюньхуэй / Е Сяонин, Ху Цзин, Хуан Бибин, Ван Цайся // State Grid Energy Research Institute Co. – 2020.
5. Цао Х. Исследование вопросов стратегии развития энергетики Китая / Цао Х // Пекин: Издательство общественных наук Китая. – 2012. – С. 23.
6. Национальный энергетический-сайт. – 2011. – URL:http://www.nea.gov.cn/2012-02/08/c_131398856.htm(дата обращения:05.12.2011)
7. Энциклопедии Baidu сайт. – 2023.
https://baike.baidu.com/item/%E4%B8%AD%E5%9B%BD%E6%A0%B8%E7%94%B5%E7%AB%99%E5%88%86%E5%B8%83%E5%9B%BE/8366658?bk_tashuoStyle=topLeft&bk_share=shoubai&bk_sharefr=lemma&fr=shoubai#щения:05.12.2011
8. Развитие ветроэнергетики Китая, еще долго будет ветер и волны Sinopec Newspaper / Чэн Цян // Лэй Лэй. Энергетический справочник Новая энергия. – 2023. – С. 8.

УДК 303-722-4
<https://www.doi.org/10.47813/nto.5.2024.5005>

EDN [SSJOOA](#)

Персонализация адаптивно-обучающей методики Л.А. Растригина на базе частотного словаря с использованием кластерного анализа корпусов текстов

К.В. Полянский^{1*}, И.В. Ковалев^{1,2,3,4}

¹Сибирский федеральный университет, пр. Свободный, 79, Красноярск, 660041, Россия

²Красноярский краевой Дом науки и техники Российского союза научных и инженерных общественных объединений, ул. Урицкого, 61, Красноярск, 660049, Россия

³Навоийский государственный горно-технологический университет, Навои, Узбекистан

⁴Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

*E-mail: k.v.polyansky@gmail.com

Аннотация. Рассмотрено применение адаптивно-обучающей методики Л.А. Растригина к частотному мультилингвистическому словарю по системному анализу. Выявлены недостатки данной методики: отсутствие персонализации по отношению к обучаемому при выдаче порций обучающей информации. В качестве решения предложено модифицировать критерий качества обучения. В его формулу вводятся коэффициенты значимости, полученные из данных на основе кластерного анализа обучающей коллекции корпусов текстов. Для этого проведено TF-IDF взвешивание терминов из коллекции и составлена матрица корреляции на основе косинусных расстояний их векторов. Как результат, получен новый критерий качества обучения, учитывающий терминологические предпочтения ученика и опирающийся на значимость терминов в обучающей коллекции корпусов текстов. Модифицированная адаптивно-обучающая методика персонализирует процесс обучения, делая его более гибким и современным.

Ключевые слова: адаптивно-обучающая методика, частотный словарь, кластерный анализ.

Personalization of the adaptive learning method of L.A. Rastrigin based on a frequency dictionary using cluster analysis of text corpora

K.V. Polyansky^{1*}, I.V. Kovalev^{1,2,3,4}

¹Siberian Federal University, 79 Svobodny pr., Krasnoyarsk, 660041, Russia

²Krasnoyarsk Science & Technology City Hall, 61, Uritskogo street, Krasnoyarsk, 660049, Russia

³Navoi State University of Mining and Technologies, Navoi, Uzbekistan

⁴Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

*E-mail: k.v.polyansky@gmail.com

Abstract. The application of the adaptive learning method by L.A. Rastrigin to a frequency multilingual dictionary on system analysis is considered. The disadvantages of this method are revealed, such as the lack of personalization in relation to the student when issuing portions of training information. As a solution, it is proposed to modify the criterion of the quality of training. Its formula includes coefficients of significance obtained from data based on cluster analysis of the training collection of text corpora. For this purpose, TF-IDF weighting of terms from the collection was carried out and a correlation matrix was compiled based on the cosine distances of their vectors. As a result, a new criterion of the quality of training was obtained, taking into account the terminological preferences of the student and based on the significance of terms in the training collection of text corpora. The modified adaptive learning method personalizes the learning process, making it more flexible and modern.

Keywords: adaptive learning method, frequency dictionary, cluster analysis.

1. Введение

Современный человек в повседневной жизни сталкивается с большим потоком текстовой информации, существенная часть которой представлена на иностранных языках. Поэтому все большее значение для него имеют системы, способные выполнять интенсивное, а главное – персонализированное (учитывающее предметную область и интересы) обучение иностранной терминологии.

Для быстрого освоения лексики в узких предметных областях создаются специализированные словари иностранных терминов. Примером может служить частотный мультилингвистический словарь по системному анализу и информационным технологиям [1], небольшой фрагмент которого представлен в таблице 1.

Таблица 1. Фрагмент частотного мультилингвистического словаря по системному анализу и информационным технологиям.

	RU	EN	GE
1	1227 тип, 5	type, 3	Typ, 3
2	683 функция, 113	function, 127	Funktion, 77
3	1378 порт, 4	port, 76	Port, 5
4	122 анализ, 327	analysis, 197	Analyse, 169
5	106 алгоритм, 126	algorithm, 169	Algorithmus, 89
6	280 байт, 47	byte, 146	Byte, 23
7	506 энергия, 15	energy, 267	Energie, 13
8	745 цель, 94	goal, 17	Ziel, 9
9	919 язык, 101	language, 110	Sprache, 97
10	941 слой, 2	layer, 39	Schicht, 2

На базе данного словаря проводится обучение иностранной терминологии по системному анализу и в сфере ИТ. В качестве алгоритма обучения выступает адаптивно-обучающая методика Л.А. Растригина [2].

Основное преимущество данной методики в том, что алгоритм подстраивается под обучаемого на каждом сеансе обучения. Он выдает необходимые порции терминов в зависимости от частоты их употребления, а также от качества запоминания

информации учеником. Структурная схема процесса адаптивного обучения приведена на рисунке 1.

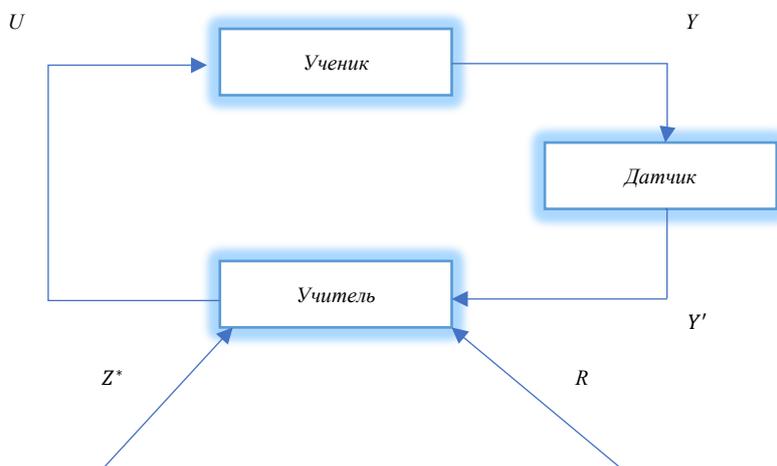


Рисунок 1. Схема процесса адаптивного обучения.

На схеме используются следующие обозначения:

- *Учитель* (обучающее устройство) – это программный комплекс (приложение), посредством которого происходит обучение иностранной терминологии.
- *Ученик* (объект управления) – человек (обучаемый), проходящий обучение.
- *Датчик* – подсистема программного комплекса (приложения), осуществляющая проверку знаний *Учеником* и отправляющая результаты *Учителю*.
- U – порция обучающей информации, которую *Учитель* подает на *Ученика*.
- Y – состояние *Ученика*, подаваемое на *Датчик* (ответы на тесты).
- Y' – информация о состоянии *Ученика*, получаемая *Учителем* (интерпретация ответов на тесты: оценки, баллы, вероятности незнания терминов и пр.).
- Z^* – цели обучения, сообщаемые *Учителю* (например, критерий качества, при котором сеанс обучения считается завершенным).
- R – ресурсы, которыми *Учитель* располагает для обучения (частотный словарь терминов, информация о сеансах обучаемого и т.д.).

Благодаря своей ориентированности на индивидуальные особенности запоминания терминов адаптивно-обучающая методика позволяет выстроить процесс обучения максимально эффективно. А в связке с частотным мультилингвистическим

словарем становится средством интенсивного обучения наиболее популярной иностранной терминологии.

Однако, у методики есть и существенный недостаток, она не учитывает персональные лексические интересы ученика. Обучаемый же почти всегда хочет изучать в первую очередь значимые для него (в профессиональном или бытовом контексте) термины, которые связаны с родом его деятельности, задачами или увлечениями.

Персонализация адаптивно-обучающей методики смогла бы повысить ее релевантность относительно лексических целей обучаемого. Персональный подход к обучению делает его более гибким и современным.

2. Постановка задачи (Цель исследования)

В основе адаптивно-обучающего алгоритма лежит критерий качества обучения. Благодаря этому критерию на n -ом сеансе обучения алгоритм предлагает ученику именно те термины, которые на $(n-1)$ -ом сеансе ученик запомнил хуже всего. Также, в первую очередь он выдает термины, являющиеся наиболее популярными (с высокой частотностью в словаре).

Исследуем подробно данный критерий, рассмотрим, как он работает при классическом подходе и предложим решение по его модификации с целью персонализации адаптивно-обучающей методики. Формула критерия качества обучения Q_n имеет вид [3]:

$$Q_n = \sum_{i=1}^N p_i(t_i^n) \times q_i \rightarrow \min, \quad (1)$$

где n – номер сеанса обучения,

N – общее количество терминов информационно-терминологического базиса (ИТБ) частотного словаря,

$p_i(t_i^n)$ – вероятность незнания i -го термина из n -го набора обучающей информации (ОИ),

q_i – относительная частота, выражающая долю лексической единицы (термина) в тексте, подвергнутому статистической обработке при составлении частотного словаря.

Адаптивно-обучающий алгоритм стремится минимизировать произведение $p_i(t_i^n) \times q_i$ для каждого i -го термина к концу сеанса обучения. Этого можно достичь, подавая в порцию обучающей информации к концу сеанса максимальные значения данного произведения.

Если учесть, что в начале обучения вероятность незнания любого i -го термина $p_i(t_i^1) = 1$ (т.к. обучение еще не начиналось, и все термины из набора ученику незнакомы), то минимизация критерия качества обучения Q_1 в самом начале сводится к минимизации q_i по формуле 2 и включению в порцию ОИ терминов с максимальной относительной частотой.

$$Q_1 = \sum_{i=1}^N q_i \rightarrow \min, \quad (2)$$

Используем в качестве ИТБ адаптивно-обучающего алгоритма фрагмент частотного словаря из таблицы 1 (в примере - его русскоязычная часть). Алгоритм с учетом формулы 2 в качестве порции ОИ будет выбирать термины в порядке, указанном в таблице 2: от наиболее частотных к менее частотным. Это классический подход, когда относительная частота употребления терминов играет главную роль при выдаче обучающей информации.

Таблица 2. Выдача терминов к обучению. Классический подход.

	RU	q^o	q^k	q^o+q^k
1	анализ, 327	0.327	0.000	0.327
2	алгоритм, 126	0.126	0.000	0.126
3	функция, 113	0.113	0.000	0.113
4	язык, 101	0.101	0.000	0.101
5	цель, 94	0.094	0.000	0.094
6	байт, 47	0.047	0.000	0.047
7	энергия, 15	0.015	0.000	0.015
8	тип, 5	0.005	0.000	0.005
9	порт, 4	0.004	0.000	0.004
10	слой, 2	0.002	0.000	0.002

Этот подход хорош тем, что в первую очередь выдает к обучению термины с высокой частотностью, а значит – наиболее популярные. Однако, зачастую в начале обучения для ученика важно изучить термины, актуальные именно для него, связанные с его предметной областью (образующие единый предметный кластер). Классический подход не может обеспечить персонализацию обучения и становится менее

эффективным. Актуальные для обучаемого термины вытесняются наиболее частотными и могут изучаться в последнюю очередь, что при больших размерах ИТБ может стать существенным недостатком и повлиять на качество обучения.

Предположим, что обучаемому наиболее интересны термины его предметной области (образующие кластер [«цель», «энергия», «слой»] и выделенные в таблице 2), и он хотел бы в первую очередь получать к обучению именно эти термины, а также термины каким-то образом с ними связанные. Следовательно, нужно повысить вес этих кластерных терминов относительно остальных. Этого можно добиться, рассматривая q_i как комплексный показатель, состоящий, собственно, из частотного q_i^o , а также некоторого добавочного (кластерного) показателя q_i^k .

$$q_i = q_i^o + q_i^k \quad (3)$$

Тогда критерий качества на первом шаге обучения примет вид:

$$Q_1 = \sum_{i=1}^N q_i^o + q_i^k \rightarrow \min, \quad (4)$$

Для обеспечения минимизация критерия качества Q_1 в самом начале обучения в порцию ОИ будут включены термины с максимальным значением суммы $q_i^o + q_i^k$.

В классическом подходе (таблица 2) q_i^k для каждого термина равно 0. Поэтому фактически расчетная частота равна относительной: $q_i = q_i^o$. В случае подхода, основанного на персонализации обучения, для достижения цели необходимо повышать значение кластерного показателя q_i^k для терминов, которые в первую очередь интересны ученику и понижать это значение для всех остальных.

Задача повышения веса терминов из предметной области обучаемого сводится к формированию кластерного вектора $[q_1^k, q_2^k, \dots, q_N^k]$ для терминов всего ИТБ. Кластерные показатели терминов предметной области в этом векторе должны иметь больший вес по сравнению с остальными. Кластерный вектор отображает взаимосвязь между терминами, то, как они сгруппированы (кластеризованы) по этим показателям.

Для выявления взаимосвязей между терминами ИТБ, а также нахождения объединяющих их групп (кластеров) необходимо провести кластерный анализ обучающей коллекции корпусов текстов, основанной на терминах частотного словаря из таблицы 1.

Этот анализ позволит найти кластерный вектор $[q_1^k, q_2^k, \dots, q_N^k]$, изменить на его основе критерий качества адаптивного обучения, сделав само обучение персонализированным по отношению к обучаемому.

3. Методы и материалы исследования

Для проведения кластерного анализа на основе частотного словаря (таблица 1) разобьем его термины на 3 условные корпуса текстов: «Математика» (*тип, функция, анализ, алгоритм, цель*), «ИТ» (*тип, функция, порт, байт, язык*) и «Энергетика» (*тип, порт, анализ, энергия, слой*) и запишем в таблицу так, чтобы каждой строке соответствовали термины соответствующего корпуса. Для простоты будем рассматривать только термины русского языка.

Таблица 3. Коллекция корпусов текстов.

Математика	тип	функция		анализ	алгоритм	цель
ИТ	тип	функция	порт		байт	язык
Энергетика	тип		порт	анализ	энергия	слой

Термины были подобраны таким образом, чтобы можно было сгруппировать их по признаку уникальности для каждой корпуса. Рассматриваемые корпуса являются идеализированными моделями, не содержащими стоп-терминов и других, характерных для реальных корпусов лексем.

Актуальные для обучаемого термины «цель», «энергия» и «слой» (которые мы рассматривали ранее) вошли в корпуса «Математика» и «Энергетика». Введем некоторые обозначения:

- d - корпус текста (в таблице 3 приведено 3 корпуса текста: «Математика», «ИТ» и «Энергетика»)
- D - коллекция корпусов текста – множество рассматриваемых корпусов текстов d
- t – термин, принадлежащий тому или иному корпусу текста d

Теперь проанализируем частотную составляющую терминов t для коллекции корпусов D из таблицы 3. Для начала будем рассчитывать частоту вхождения каждого термина в своем корпусе.

$$tf(t, d) = \frac{\text{количество появлений термина } t \text{ корпусе } d}{\text{общее количество терминов в корпусе } d} \quad (1)$$

Далее рассчитаем «инверсную частоту документа». Эта характеристика указывает значимость термина уже не в рамках одного корпуса, но в рассматриваемой коллекции корпусов.

$$idf(t, D) = \log\left(\frac{\text{общее количество корпусов в коллекции корпусов } D}{\text{количество корпусов с термином } t \text{ в коллекции корпусов } D}\right) \quad (2)$$

Произведение значений $tf(t, d)$ и $idf(t, D)$ дает сводную характеристику TF-IDF, отражающую как значимость термина для корпуса, так и для коллекции корпусов в целом [4].

$$TF - IDF = tf(t, d) \times idf(t, D) \quad (3)$$

	алгоритм	анализ	байт	порт	слой	тип	функция	цель	энергия	язык
0	0.534	0.406	0.000	0.000	0.000	0.315	0.406	0.534	0.000	0.000
1	0.000	0.000	0.534	0.406	0.000	0.315	0.406	0.000	0.000	0.534
2	0.000	0.406	0.000	0.406	0.534	0.315	0.000	0.000	0.534	0.000

Рисунок 2. Термины, взвешенные по алгоритму TF-IDF.

Значения TF-IDF, вычисленные (значения приведены с корректировкой на алгоритм TfidfVectorizer [5] модуля sklearn языка python) для всех терминов коллекции корпусов приведены на рисунке 2. Здесь строками являются корпуса текстов: 0 - «Математика», 1 - «IT», 2 - «Энергетика», а столбцами – термины частотного словаря.

Чтобы произвести векторное сравнение пары терминов воспользуемся их косинусным расстоянием [6].

$$\cos \Theta = \frac{a \times b}{\|a\| \times \|b\|}, \quad (4)$$

где $a \times b$ – скалярное произведение векторов a и b ,

$\|a\| \times \|b\|$ – произведение их длин

Перемножив попарно векторы из таблицы на рисунке 2, получим матрицу корреляции [7] между терминами (рисунок 3). Значениями данной матрицы являются

значения косинусов угла между векторами терминов, записанных как ее строки и столбцы.

	алгоритм	анализ	байт	порт	слой	тип	функция	цель	энергия	язык
алгоритм	1.000	0.746	0.368	0.368	0.368	0.655	0.746	1.000	0.368	0.368
анализ	0.746	1.000	0.368	0.607	0.746	0.832	0.607	0.746	0.746	0.368
байт	0.368	0.368	1.000	0.746	0.368	0.655	0.746	0.368	0.368	1.000
порт	0.368	0.607	0.746	1.000	0.746	0.832	0.607	0.368	0.746	0.746
слой	0.368	0.746	0.368	0.746	1.000	0.655	0.368	0.368	1.000	0.368
тип	0.655	0.832	0.655	0.832	0.655	1.000	0.832	0.655	0.655	0.655
функция	0.746	0.607	0.746	0.607	0.368	0.832	1.000	0.746	0.368	0.746
цель	1.000	0.746	0.368	0.368	0.368	0.655	0.746	1.000	0.368	0.368
энергия	0.368	0.746	0.368	0.746	1.000	0.655	0.368	0.368	1.000	0.368
язык	0.368	0.368	1.000	0.746	0.368	0.655	0.746	0.368	0.368	1.000

Рисунок 3. Матрица корреляции терминов.

Используя данные матрицы корреляции, можно определять, насколько взаимосвязаны (коррелированы) термины в рамках коллекции корпусов D (наибольшей корреляции соответствует значение 1, наименьшей - 0). А задача нахождения совместной корреляции нескольких терминов сводится к построчному перемножению значений их косинусов. Полученные перемноженные значения можно нормализовать по методу «минимакс» [8] (формула 5).

$$X_{norm} = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}}, \quad (5)$$

где X – текущее значение,

X_{min} и X_{max} – минимальное и максимальное значение из диапазона соответственно.

Вернемся к исходной задаче персонализации адаптивно-обучающей методики. На примере терминов «цель», «энергия» и «слой» необходимо построить кластерный вектор $[q_1^k, q_2^k, \dots, q_N^k]$, такой, чтобы подстановка его значений в критерий качества обучения (формула 4) формировала порции обучающей информации из терминов, входящих с исходными в один кластер.

Используя матрицу корреляции терминов, вычислим нормализованное произведение значений косинусов для векторов терминов «цель», «энергия» и «слой» и получим их кластерный вектор, изображенный на рисунке 4.

0.1200	0.1200	0.2433	0.3262	0.3262	0.4933	0.6769	0.8864	0.8864	1.0000
байт	язык	функция	алгоритм	цель	порт	тип	слой	энергия	анализ

Рисунок 4. Кластерный вектор для терминов «слой», «цель» и «энергия».

Каждое i -е значение данного вектора – это кластерный показатель q_i^k из формулы 4, которому также соответствует i -е значение относительной частоты q_i^o .

Используя помимо частотной составляющей терминов их кластерную составляющую, адаптивный алгоритм меняет свое поведение и выдает к обучению термины с учетом их актуальности для ученика. Мы получаем к выдаче термины в порядке, отличном от того, который мы имели при классическом подходе (таблица 2).

4. Полученные результаты

В таблице 4 приведены термины в порядке убывания показателя $q_i^o + q_i^k$. Видно, что термины «цель», «энергия» и «слой» подвинулись вверх в списке терминов для выдачи к обучению.

Таблица 4. Выдача терминов к обучению. Кластерный подход.

	RU	q^o	q^k	q^o+q^k
1	анализ, 327	0.327	1.000	1.327
2	энергия, 15	0.015	0.886	0.901
3	слой, 2	0.002	0.886	0.888
4	тип, 5	0.005	0.677	0.682
5	порт, 4	0.004	0.493	0.497
6	алгоритм, 126	0.126	0.326	0.452
7	цель, 94	0.094	0.326	0.420
8	функция, 113	0.113	0.243	0.356
9	язык, 101	0.101	0.120	0.221
10	байт, 47	0.047	0.120	0.167

Проведя анализ результатов работы кластерного подхода, можно отметить следующее:

- Термины «энергия» и «слой» существенно поднялись вверх в списке выдачи ОИ, позиция термина «цель» изменилась, но менее заметно
- Термины «тип» и «порт» показывают большую степень корреляции с терминами «энергия» и «слой», т.к. они используются с ними в связке в одном корпусе «Энергетика». Поэтому они вытесняют термин «цель» по своей значимости для всего корпуса
- Термин «алгоритм» стоит на позицию выше, чем «цель» за счет равных значений q_i^k и большего значения q_i^o
- Термины «язык» и «байт» имеют одинаковые $q_i^k = 0.120$. Эти термины имеют нулевую корреляцию с терминами «цель», «энергия» и «слой», поэтому ранжирование при равных q_i^k осуществляется только за счет разницы значений относительной частоты q_i^o . Следует сказать, что кластерный подход в целом предполагает подобное поведение: первые N (в зависимости от распределения значимости) наиболее связанных терминов (попавших в один кластер с исходными) поступают для выдачи в ОИ в соответствии со значением q_i^k , остальные термины с индексами больше N ранжируются по значению q_i^o (соответствует поведению при классическом подходе).

5. Заключение

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

- Рассмотрен алгоритм частотного взвешивания TF-IDF, метод векторного сравнения терминов на базе косинусного расстояния.
- Составлена корреляционная матрица, на основе которой предложено прогнозировать принадлежность терминов тому или иному корпусу текстов (кластеру).
- Выполнено сведение алгоритмов адаптивного обучения и кластеризации терминов в единую концепцию.
- Произведена персонализация адаптивно-обучающего алгоритма Л.А. Растригина на базе частотного мультилингвистического словаря с использованием

кластерного анализа корпуса текстов. Модифицирован критерий качества обучения данного алгоритма.

- Представлено сравнение релевантности выдачи информации относительно лексических целей обучаемого при классическом и кластерном подходах. Последний показывает лучшие результаты в контексте выдачи наиболее связанных с запросами ученика терминов.

Список литературы

1. Ковалев И.В. Мультилингвистический частотный словарь по системному анализу и информационным технологиям / И.В. Ковалев, М.В. Карасева. – Красноярск: СибГУ им. М.Ф. Решетнева, 2021. – 82 с.
2. Ковалев И.В. Системные аспекты организации и применения мультилингвистической адаптивно-обучающей технологии / И.В. Ковалев, М.В. Карасева, Е.А. Суздаева // Educational Technology & Society. – 2002. – № 5. – С. 207-208.
3. Карасева М.В. Модификация алгоритма обучения иностранной терминологии / М.В. Карасева, А.А. Ступина, М.И. Мельдер // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3. – С. 6.
4. Jurafsky Daniel. Question Answering, Information Retrieval, and Retrieval Augmented Generation / Daniel Jurafsky, James H. Martin // Speech and Language Processing, Stanford. – 2024. – № 3-14. – С. 4.
5. Scikit Learn: сайт. – 2007. – URL: https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.feature_extraction.text.TfidfVectorizer.html (дата обращения: 01.11.2024).
6. Muhammad Umaruddin Syam. Implementation of Cosine Similarity Algorithm on Omnibus Law Drafting / Aristoteles*, Muhammad Umaruddin Syam, Tristiyanto, Bambang Hermanto // (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications. – 2024. – № 4-15. – С. 202.
7. Alexandria Ree Hadd. Correlation Matrices in Cosine Space.: диссертация ... master of science in psychology / Alexandria Ree Hadd. – Nashville, Tennessee, 2016. – 4 с.
8. Старовойтов В.В. Нормализация данных в машинном обучении / В.В. Старовойтов, Ю.И. Голуб // Информатика – 2021. – Т. 18, № 3. – С. 86.

УДК 004.912

EDN [XSDQPQ](#)

Разработка системы регистрации инцидентов в медицинской организации

М.М. Ахмедов, В.Ю. Варвара*, А.А. Оганисян, Р.А. Пяткин, В.С. Рабданов

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнёва, ул. Красноярский рабочий, 31, Красноярск, 660049, Россия

*E-mail: varvarvadim@yandex.ru

Аннотация. Работа направлена на разработку и внедрение электронной системы регистрации инцидентов в медицинском учреждении КГБУЗ «Красноярский межрайонный родильный дом №1». Рассмотрены цели и задачи проекта, включая автоматизацию процесса регистрации и анализа нежелательных событий для улучшения контроля и оперативности реагирования на инциденты. Система, основанная на интегрированной информационно-аналитической платформе, позволяет упростить регистрацию данных, автоматизировать анализ инцидентов, поддерживать мониторинг безопасности и обеспечивать реализацию предупредительных мер. Основные функциональные возможности системы включают быструю регистрацию инцидентов, их категоризацию, аналитику и отчетность, а также интерактивные панели для оперативного контроля. Внедрение системы позволяет сократить временные и трудовые затраты, повысить безопасность пациентов, снизить риск повторных инцидентов и улучшить качество медицинских услуг. Выводы показывают, что применение системы способствует снижению затрат, повышению производительности труда, соблюдению требований безопасности и увеличению уровня удовлетворенности пациентов.

Ключевые слова: автоматизация бизнес-процессов, информационно-аналитическая система, регистрация инцидентов, управление данными, мониторинг безопасности, медицинские информационные системы.

Development of an incident registration system in a medical organization

M.M. Akhmedov, V.Y. Varvara*, A.A. Oganisyan, R.A. Pyatkin, V.S. Sergeevich

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarskiy rabochiy 31, Krasnoyarsk, 660049, Russia

E-mail: varvarvadim@yandex.ru

Abstract. This work represents a study focused on the development and implementation of an electronic incident registration system at the Krasnoyarsk Regional Maternity Hospital No. 1. The project's goals include automating the registration and analysis of adverse events to improve control and response times. Based on an integrated information-analytical platform, the system facilitates streamlined data registration, automated incident analysis, safety monitoring, and the implementation of preventive measures. Key features include rapid incident registration, categorization, analytics and reporting, and interactive dashboards for real-time monitoring. The system's deployment reduces time and labor costs, enhances patient safety, decreases the risk of recurring incidents, and improves the quality of medical services. Findings indicate that the system contributes to cost reduction, increases workforce efficiency, ensures regulatory compliance in safety standards, and raises patient satisfaction levels.

Keywords: business process automation, information-analytical system, incident registration, data management, safety monitoring, medical information systems.

1. Введение

В современном мире, где развитие идет стремительными темпами, для поддержания конкурентоспособности любая организация нуждается в автоматизации своих бизнес-процессов. Автоматизация производства и внедрение интегрированных информационных систем являются эффективным способом повышения производительности компании [1]. Автоматизация имеет множество преимуществ:

- снижение издержек: автоматизация помогает оптимизировать затраты, уменьшая время выполнения задач и сокращая потребность в ручном труде;
- увеличение производительности: автоматизированные системы работают быстрее и точнее, чем люди, что повышает общую производительность [2];
- улучшение контроля: автоматизация обеспечивает прозрачность и контроль над бизнес-процессами, позволяя принимать обоснованные управленческие решения;
- оптимизация работы с данными: автоматизированные системы обрабатывают и анализируют большие объемы информации, что способствует принятию стратегически важных решений.

Несмотря на очевидные преимущества, многие компании по-прежнему не оснащены современными информационными системами, что может привести к утрате конкурентных позиций, оттоку клиентов и снижению прибыли.

2. Постановка задачи (Цель исследования)

КГБУЗ «Красноярский межрайонный родильный дом №1» является одним из крупнейших государственных медицинских учреждений в Красноярске. В структуре данного учреждения существует отдел менеджмента качества, основной задачей которого является мониторинг, регистрация и анализ нежелательных событий, включая инциденты, способные повлиять на безопасность и качество предоставляемых услуг. В настоящее время процесс сбора данных о нежелательных событиях осуществляется вручную посредством заполнения специальных форм в формате Excel, что создает ряд проблем: замедляет скорость регистрации, затрудняет сбор и обработку данных и снижает эффективность последующего анализа (рисунок 1).

1. определение целей и задач. Основная цель системы — создание эффективного инструмента для регистрации, анализа и контроля инцидентов с возможностью оперативного реагирования и предупреждения повторных случаев;
2. выбор концепции системы. Была выбрана концепция интегрированной информационно-аналитической системы, обеспечивающей доступ к данным с различных устройств и поддерживающей взаимодействие с другими подсистемами учреждения;
3. функциональные требования к системе. Система должна включать возможность быстрой регистрации инцидентов с возможностью добавления подробных данных, категоризации по типам, а также прикрепления дополнительных файлов (например, фотографий или документов). Автоматические уведомления должны информировать руководителей и ответственных лиц о возникших инцидентах [3];
4. разработка и реализация системы. На данном этапе была создана основная архитектура системы, включающая серверную часть, базы данных, интерфейс пользователя и модули для различных устройств (компьютеры, планшеты, смартфоны);
5. тестирование системы. Система была проверена на предмет соответствия функциональным требованиям, а также протестирована в реальных условиях для оценки удобства и эффективности работы;
6. оценка эффективности. После пилотного запуска системы проведена оценка результатов её работы, анализ положительных эффектов и выявление возможных доработок;
7. корректировки и обучение персонала. После анализа результатов пилотного использования системы были внесены необходимые изменения, а сотрудники прошли обучение для успешной работы с новым программным обеспечением.

4. Полученные результаты

Разработанная система регистрации инцидентов обладает рядом ключевых возможностей, которые позволяют значительно улучшить работу с данными о нежелательных событиях и инцидентах (рисунок 3):

- упрощение регистрации – пользовательский интерфейс обеспечивает возможность быстрой и удобной регистрации инцидентов с различных

устройств, что ускоряет процесс занесения данных и снижает вероятность ошибок (рисунок 3);

- категоризация инцидентов – система позволяет классифицировать инциденты по степени серьезности, месту возникновения и другим параметрам, что упрощает их дальнейший анализ и позволяет выявлять системные ошибки;
- аналитика и отчетность – система включает инструменты для анализа данных, формирования отчетов и сравнительного анализа по различным периодам и отделениям. Это позволяет отслеживать тенденции, выявлять слабые места и своевременно принимать меры;
- интерактивные панели мониторинга – в системе предусмотрены панели для мониторинга ключевых показателей безопасности, что обеспечивает оперативный контроль над ситуацией и позволяет быстро реагировать на возникающие риски;
- разработка предупредительных мер – в системе заложены функции для создания и реализации планов корректирующих мероприятий с контролем за их выполнением, напоминаниями о сроках и доступом к типовым решениям для предотвращения повторных инцидентов.

Рисунок 3. Интерфейс регистрации инцидентов.

Обновленный процесс регистрации и обработки инцидентов представлен на рисунке 4.

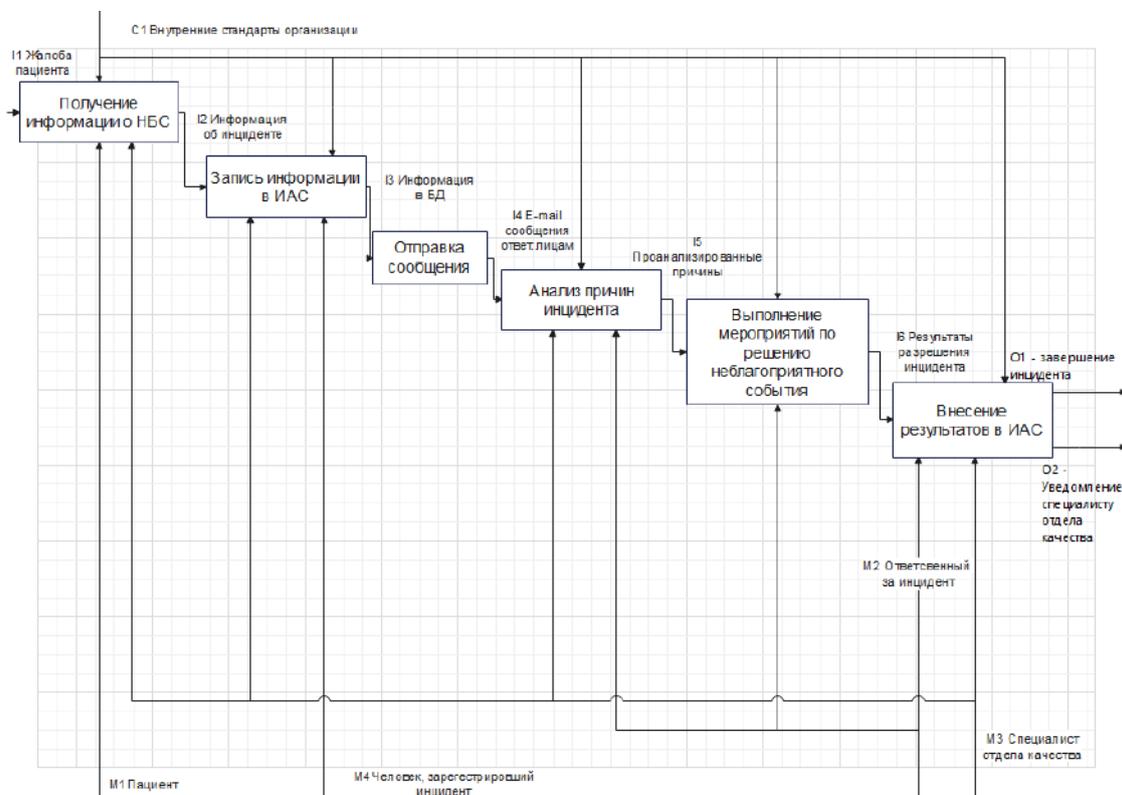


Рисунок 4. Процесс регистрации инцидентов после внедрения системы.

5. Выводы

Результаты внедрения разработанной информационно-аналитической системы показывают её высокую эффективность для решения задач, связанных с контролем, регистрацией и анализом нежелательных событий в медицинском учреждении. Ожидается, что использование системы позволит достичь следующих положительных эффектов:

- снижение затрат на лечение пациентов, пострадавших в результате инцидентов, благодаря оперативному реагированию и разработке мер по предупреждению;
- уменьшение риска штрафов за несоблюдение требований законодательства в области безопасности пациентов [4];
- рост производительности труда благодаря автоматизации рутинных задач по регистрации и анализу инцидентов;

- повышение уровня безопасности пациентов за счет раннего выявления системных ошибок и предотвращения повторных инцидентов;
- улучшение качества медицинской помощи и удовлетворенности пациентов через снижение количества нежелательных событий и повышение прозрачности системы отчетности;
- укрепление доверия к учреждению благодаря открытости в обработке данных и своевременному реагированию на инциденты.

Таким образом, внедрение электронной системы регистрации и управления инцидентами поможет КГБУЗ «Красноярский межрайонный родильный дом №1» оптимизировать работу с данными, снизить временные затраты на регистрацию и анализ событий, повысить уровень безопасности и качества медицинских услуг, а также улучшить общий имидж учреждения.

Список литературы

1. Морозевич Е.С. Process Mining как инструмент совершенствования бизнес-процессов / Е.С. Морозевич, И.А. Панфилов // Решетневские чтения. 2017. Т. 2. С. 228-229.
2. Министерство здравоохранения Российской Федерации. Методические рекомендации по обеспечению функциональных возможностей медицинских информационных систем медицинских организаций (МИС МО) [Текст] / Министерство здравоохранения Российской Федерации. – Утверждено 1 февраля 2016 г. – 45 с.
3. Панфилов И.А. Моделирование процессов лабораторной информационной системы на производственном предприятии / И.А. Панфилов, А.В. Соинов, А.В. Безворотных, И.О. Степина // Перспективы науки. 2023. № 1 (160). С. 40-45.
4. Шилова Т.С. Стандарт JCI по безопасности пациентов. Международные стандарты качества и безопасности медицинской помощи: руководство для медицинских организаций / Т.С. Шилова, Н.Н. Володин. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2017. – 256 с.

**«НАУКА, ТЕХНОЛОГИИ, ОБЩЕСТВО: ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ИНЖИНИРИНГ В
ИНТЕРЕСАХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ» (НТО-V-2024)
СБОРНИК НАУЧНЫХ СТАТЕЙ ПО МАТЕРИАЛАМ
V ВСЕРОССИЙСКОЙ (НАЦИОНАЛЬНОЙ) НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
(07-08 ноября 2024 | Красноярск, Россия)**

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР: КОВАЛЕВ ИГОРЬ ВЛАДИМИРОВИЧ

ISBN 978-5-6049733-9-4



© Красноярский краевой Дом науки и техники Российского Союза научных и инженерных общественных объединений

© Сибирский научный центр ДНИТ

© Коллектив авторов, 2024

г. Красноярск, 2024